

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 7 月 1 日 (01.07.2004)

PCT

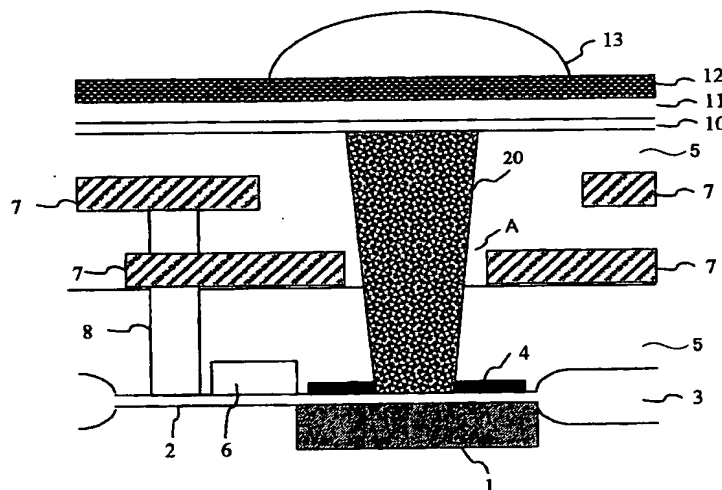
(10) 国際公開番号  
WO 2004/055898 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 27/16, H04N 5/335 特願 2002-373745  
2002 年 12 月 25 日 (25.12.2002) JP
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015939 特願 2003-320920 2003 年 9 月 12 日 (12.09.2003) JP
- (22) 国際出願日: 2003 年 12 月 12 日 (12.12.2003) (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 菰口 徹哉 (KOMOGUCHI, Tetsuya) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 榎本 容幸 (ENOMOTO, Yoshiyuki) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (30) 優先権データ:  
特願 2002-362685 2002 年 12 月 13 日 (13.12.2002) JP  
特願 2002-373415 2002 年 12 月 25 日 (25.12.2002) JP

[続葉有]

(54) Title: SOLID-STATE IMAGING DEVICE AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 固体撮像素子およびその製造方法



(57) Abstract: To improve a condensing efficiency and ensure the reliability of a solid-state imaging device by improving the embeddability of a translucent material constituting a waveguide. A solid-state imaging device comprising a light receiving unit (1) for receiving light to conduct a photoelectric conversion, and a waveguide (20) formed in an insulating film (5) covering a substrate provided with the light receiving unit (1) and consisting of a translucent material, the waveguide (20) being constituted so as to guide an incident light from the outside to the light receiving unit (1), wherein a forward-taper shape unit, of which the planar shape size as viewed from a light incident direction is reduced from the light incident-side surface toward the light receiving unit side, is provided to the waveguide (20).

(57) 要約: 導波路を構成する光透過性材料の埋め込み性を改善して、集光効率の向上を図り、また固体撮像素子の信頼性を確保する。光を受光して光電変換を行う受光部(1)と、その受光部(1)を備えた基体上を覆う絶縁膜5中に形成さ

[続葉有]



(74) 代理人: 中村 友之 (NAKAMURA, Tomoyuki); 〒105-0001 東京都 港区 虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

れた光透過性材料からなる導波路(20)とを具備し、前記導波路(20)が外部からの入射光を前記受光部(1)まで導くように構成された固体撮像素子において、前記導波路(20)に、光の入射方向から見た平面形状の大きさが当該光の入射側の面から前記受光部側に向けて小さくなる順テーパ形状部を設ける。

## 明 細 書

## 固体撮像素子およびその製造方法

5

## 技術分野

本発明は、導波路構造を有した固体撮像素子およびその製造方法に関する。

## 10 背景技術

CCD型センサよりも低消費電力化できることなどが見直され、近年盛んに開発されるようになってきた固体撮像素子にMOS型センサが挙げられる。このMOS型センサはCCD型センサとは異なり、受光部に蓄積された電荷を、基体内部を読み出しすることによって撮像領域から読み出すのではなく、受光部付近において、蓄積された電荷が電気（電圧）信号として信号線に読み出され、該信号線を通して撮像領域外へ読み出される。該信号線は出力信号線と呼ばれ基体の上方に配されている。また、この出力信号線以外にも、受光部に蓄積された電荷を最初に取り出すために、読み出し電極に信号を供給する信号線や、画素内の電荷を消去するためのリセット信号線などが、同じく基体上方に配されている。これらの信号線は、基体上の読み出し電極などの要素を覆う平坦化膜の上方に配されている。また、固体撮像素子の多画素化の流れにより、1画素内の受光部や信号線は狭い面積内に収めなくてはならず、信号線は平坦化膜の上方に多層に形成され、また、場合によっては受光部上には取り出す位置に信号線が位置することがある。

25

図27は、従来技術における導波路構造の一例を示す側断面図である。

図例のように、従来の固体撮像素子では読み出し電極の凹凸によって入射光がけられるのを防ぐため、読み出し電極 15 を覆う平坦化膜 11 内に設けた導波路 20 によって受光部 1 まで入射光を導いていた。

しかし、このような構造では、平坦化膜 11 の上方に形成された信号線 7 によるけられを回避することができず、導波路 20 を有していることによる効果が著しく低下する。また、従来の導波路 20 は受光部 1 の両側に略対象に位置する読み出し電極 15 の間隔に合わせて配置されているため、平坦化膜 11 の上方に位置する複数の信号線 7 の受光部 1 に対する非対称性や、信号線 7 の受光部 1 上へ張り出しに対応させることができない。

#### 発明の開示

本発明は上記目的を達成するために案出された固体撮像素子およびその製造方法である。

すなわち、本発明に係る固体撮像素子は、基体内に形成され入射光を受けて電荷を生成する複数の受光部と、前記基体上に形成された所定の要素を覆って平坦化する平坦化層と、前記平坦化層上に形成された複数の信号線と、前記複数の信号線の間を通して入射光を前記受光部へ導く導波路とを有することを特徴としている。

また、本発明は、受光部を備えた基体上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜の前記受光部に対応する箇所に開口部を形成する工程と、前記開口部に光透過性材料を埋め込んで導波路を形成する工程とを行って、前記導波路が外部からの入射光を前記受光部まで導くように構成された固体撮像素子を製造する固体撮像素子の製造方法において、前記開口部を形成する工程で、当該開口部を形成するためのフォトリソグラフィにおけるレジスト形状を順テーパー形状とし、エッチングによる

開口部形成時に当該順テーパー形状を転写して、光の入射方向から見た平面形状の大きさが当該光の入射側の面から前記受光部側に向けて小さくなる順テーパー形状部を有した開口部を形成することを特徴としている。

5       さらに、本発明は、受光部を備えた基体上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜の前記受光部に対応する箇所に開口部を形成する工程と、前記開口部に光透過性材料を埋め込んで導波路を形成する工程とを行って、前記導波路が外部からの入射光を前記受光部まで導くように構成された固体撮像素子を製造する固体撮像素子の製造方法において、前記開口部  
10       を形成する工程で、当該開口部を形成するためのエッチングプロセスにおけるエッチング条件を、等方性エッチングを抑制して順テーパー形状を形成するエッチング条件とし、光の入射方向から見た平面形状の大きさが当該光の入射側の面から前記受光部側に向けて小さくなる順テーパー形状部を有した開口部を形成することを特徴としている。

15       また、本発明は、受光部上に、高屈折率層が低屈折率層中に埋め込まれてなる孔が設けられた固体撮像素子を製造する方法であって、表面を覆って前記低屈折率層を形成し、前記低屈折率層に開口部を形成し、前記開口部に前記高屈折率層を埋め込む工程を複数回行うことにより、前記孔を形成することを特徴としている。

20       また、本発明は、半導体基板に形成された光電変換部と、前記半導体基板上にゲート絶縁膜を介して設けられた上層膜と、前記上層膜の上面から前記光電変換部の受光領域上のゲート絶縁膜にかけて形成された孔と、前記孔内に埋め込まれた導波路とを有する固体撮像素子の製造方法であって、前記上層膜に形成した孔に、前記導波路の少なくとも一部と  
25       なる水素を含有する第1の高屈折率材を埋め込む工程と、前記第1の高屈折率材に水素雰囲気中の熱処理を施すことにより、前記第1の高屈

折率材から光電変換部側に水素を放出させる工程とを有することを特徴としている。

#### 図面の簡単な説明

5 図 1 は、本発明に係る固体撮像素子の概略構成の一例を示す側断面図である。

図 2 は、本発明の第 1 の実施例（以下「実施例 1」という）の固体撮像素子の概略構成の一例を示す側断面図である。

10 図 3 は、本発明に係る固体撮像素子の順テーパ形状部の平面形状の具体例を示す説明図（その 1）である。

図 4 は、本発明に係る固体撮像素子の順テーパ形状部の平面形状の具体例を示す説明図（その 2）である。

図 5 は、本発明に係る固体撮像素子の順テーパ形状部の平面形状の具体例を示す説明図（その 3）である。

15 図 6 は、本発明に係る固体撮像素子の概略構成の他の例を示す側断面図（その 1）である。

図 7 は、本発明に係る固体撮像素子の概略構成の他の例を示す側断面図（その 1）である。

20 図 8 は、本発明に係る固体撮像素子の製造方法の概要を説明するための側断面図（その 1）である。

図 9 は、本発明に係る固体撮像素子の製造方法の概要を説明するための側断面図（その 2）である。

図 10 は、本発明に係る固体撮像素子の製造方法の概要を説明するための側断面図（その 3）である。

25 図 11 は、本発明に係る固体撮像素子の製造方法の概要を説明するための側断面図（その 4）である。

図 1 2 は、本発明に係る固体撮像素子の製造方法の概要を説明するための側断面図（その 5）である。

図 1 3 A ～ 図 1 3 K は、本発明の実施例 2 の固体撮像素子の製造方法を説明するための側断面図である。

5 図 1 4 A ～ 図 1 4 K は、本発明の実施例 3 の固体撮像素子の製造方法を説明するための側断面図である。

図 1 5 A ～ 図 1 5 K は、本発明の実施例 4 の固体撮像素子の製造方法を説明するための側断面図である。

10 図 1 6 A ～ 図 1 6 K は、本発明の実施例 5 の固体撮像素子の製造方法を説明するための側断面図である。

図 1 7 は、本発明の実施例 6 の固体撮像素子の構成を示す概略断面図である。

図 1 8 は、層間で生じる問題点を説明する拡大断面図である。

図 1 9 は、層間での各層の径を規定する説明図である。

15 図 2 0 は、図 1 7 に示す構成において、孔の上層の側壁をテーパ形状とした場合を説明する概略断面図である。

図 2 1 は、図 1 7 に示す構成において、孔を 3 つの層で形成した場合を説明する概略断面図である。

20 図 2 2 は、図 1 7 に示す構成において、孔を 2 つの層の側壁をテーパ形状とした場合を説明する概略断面図である。

図 2 3 A ～ 図 2 3 K は、本発明の実施例 7 の固体撮像素子の製造方法を説明する製造工程図である。

図 2 4 は、本発明の実施例 8 の固体撮像素子を説明する断面図である。

25 図 2 5 A と 図 2 5 B は、図 2 4 に示す固体撮像素子の導波路内に入射した光の反射経路を示す説明図である。

図 2 6 A ～ 図 2 6 F は、本発明の実施例 9 を説明する、図 2 4 に示す

固体撮像素子の各製造方法を示す断面図である。

図 2 7 は、従来の導波路構造の一例を示す側断面図である。

発明を実施するための最良の形態

- 5      以下、図面に基づき本発明に係る固体撮像素子およびその製造方法について説明する。

図 1 は、本発明に係る固体撮像素子の概略構成の一例を示す側断面図である。図例のように、導波路構造の固体撮像素子では、表層部側にフォトダイオードとして機能する受光部 1 を備えた基本体上に、ゲート絶縁膜 2、素子分離絶縁膜 3 およびストッパ S i N 膜 (エッチストッパ膜) 4 を介して、絶縁膜 5 が形成されている。

この絶縁膜 5 は複数層から成る。この絶縁膜 5 は異なる複数の材料を含んでいてもよい。絶縁膜 5 の複数層の膜のうちの下方の層は、基体上に形成された、受光部 1 からの信号電荷の読み出しに必要となる読み出しゲート 6 を覆って上面を平坦化する役割を果たしている。つまり下方の層は平坦化膜である。またこの平坦化膜の上方には多層の信号線 7 が形成されている。この信号線 7 は受光部 1 の周辺や、受光部 1 上に張り出す位置に形成されている。また絶縁膜 5 中にはこれら信号線 7 に伴う導電プラグ 8 が形成されている。尚、図 1 において、絶縁膜 5 の中に複数の層が含まれていることを示す線を 1 本だけ示した。他の場所にも各層の境界が存在することがあるが、本発明の実施の説明に必要がないため省略する。

さらに、絶縁膜 5 の中の受光部 1 に対応する箇所に、多層の信号線 7 の間を通して入射光を受光部 1 に導く導波路 9 が形成されている。また、絶縁膜 5 の上方にパッシベーション 10、平坦化膜 11 およびカラーフィルタ 12 を介してオンチップレンズ 13 が配設されている。



導波路 9 は、例えば、絶縁膜 5 に光の入射側から多層の信号線 7 の間を通り受光部 1 へ続く開口（孔）を形成し、その開口にプラズマ CVD（Chemical vapor deposition）法により窒化ケイ素（P-SiN）等の光透過性材料を埋め込むことで形成する。その光透過性材料の屈折率が絶縁膜 5 に比して高い場合、導波路 9 は、単に受光部 1 とオンチップレンズ 13 とを光学的に接続するだけではなく、導波路 9 と絶縁膜 5 との界面にて、臨界角より大きい入射角をもつ入射光を全反射させて、受光部 1 への集光率を高めるようになる。

以上のような構成により、受光部 1 周辺の上方や、受光部 1 上方に張り出す部分に、複数の信号線 7 が受光部 1 に対して非対称に形成されていても、入射光を高い効率で受光部 1 に導くことができる。

以下、図面に基づき本発明に係る固体撮像素子およびその製造方法について説明する。

#### <実施例 1>

15 先ず、本発明に係る固体撮像素子の概略構成について説明する。図 2 は、本発明の第 1 の実施例（以下「実施例 1」という）の固体撮像素子の概略構成の一例を示す側断面図である。なお、図中において、従来における固体撮像素子（図 27 参照）と同一の構成要素については、同一の符号を付している。

20 図 2 のように、ここで説明する固体撮像素子は、フォトダイオードとして機能する受光部 1 を備えた基体上に、ゲート絶縁膜 2、素子分離絶縁膜 3 およびストッパ SiN 膜（エッチストッパ膜）4 を介して、絶縁膜 5 が形成されている。この絶縁膜 5 中には、受光部 1 からの信号電荷の読み出しに必要となる読み出しゲート 6、多層の信号線 7、これらの信号線 7 に伴う導電プラグ 8 等が埋め込まれている。さらに、絶縁膜 5 中の受光部 1 に対応する箇所には、光透過性材料からなる導波路 20 が

形成されている。そして、その絶縁膜 5 の上面側にパッシベーション 10、平坦化膜 11 およびカラーフィルタ 12 を介してオンチップレンズ 13 が配設されている。なお、導波路 20 は、絶縁膜 5 に比して屈折率が高い光透過性材料によって形成されている。

- 5      ところで、ここで説明する固体撮像素子は、導波路 20 の形状が、従来における固体撮像素子（図 27 参照）とは異なっている。すなわち、導波路構造が従来の場合とは異なる。本実施形態で説明する導波路構造では、導波路が順テーパー形状部を有している。順テーパー形状部とは、光の入射方向から見た平面形状の大きさが、絶縁膜 5 の光入射側の面から、受光部 1 側に向けて徐々に小さくなるテーパー形状の部分のことをいう。

- 順テーパー形状部は、図例のように、導波路 20 の全域にわたって形成することも考えられるが、必ずしも全域にわたって形成する必要はなく、絶縁膜 5 の光入射側の面から受光部側に向けて受光部 1 側に向けて、  
15   少なくとも導波路 20 の一部に形成されていればよい。さらに詳しくは、多層の信号線 7 の中で受光部 1 上に最も大きく張り出す信号線 7（図中 A 参照）よりも光の入射側のみ、すなわち絶縁膜 5 の光入射側の面からその信号線 7 に達する深さの部分にのみ、順テーパー形状部を配し、それ以外の部分はテーパー形状ではなくストレート形状とすることも考え  
20   られる。

    また、順テーパー形状部は、受光部 1 の平面形状ではなく、絶縁膜 5 中に形成された信号線 7、特に受光部 1 上に張り出す信号線 7 に対応した平面形状を有していることが望ましい。

- ここで、導波路 20 の順テーパー形状部における平面形状について具体例を挙げて説明する。図 3 ～ 図 5 は、順テーパー形状部の平面形状の  
25   具体例を示す説明図である。

例えば、図 3 に示すように、受光部 1 の平面形状が方形状である場合を例に挙げて考える。この場合、導波路 20 の平面形状も受光部 1 に対応して方形状とすることが考えられるが、受光部 1 上に張り出す信号線 7 が存在していると、その信号線 7 によって光の侵入が妨げられ、その分だけ光の到達面（受光面）が狭くなってしまう。

このことから、導波路 20 に順テーパ形状部を設ける場合には、例えば図 4 に示すように、その順テーパ形状部の光入射側の開口 20 a の形状が方形状であっても、受光部 1 側の開口 20 b の形状を、受光部 1 上に張り出した信号線 7 に対応した平面形状とすることが考えられる。このようにすれば、開口 20 a 側から入射した光を、信号線 7 に遮られることなく、開口 20 b 側まで集光させることが可能となり、結果として入射光を効率良く受光部 1 まで到達させることが可能となる。

また、順テーパ形状部は、必ずしも 1 つのテーパ角のテーパ形状からなるものである必要はなく、例えば異なる 2 つ以上のテーパ角のテーパ形状を組み合わせるものであるものであっても構わない。その場合には、例えば図 5 に示すように、受光部 1 側の順テーパ形状部については、上述した図 4 の場合と同様に形成するが、その順テーパ形状部よりも光入射側の順テーパ形状部については、光入射側の開口 20 c の形状を開口 20 a よりもさらに広げるようにすることが考えられる。このようにすれば、受光部 1 側の順テーパ形状部の開口 20 a が狭くても、光入射側の順テーパ形状部の開口 20 c を広げることにより、より多くの光を受光部 1 に導くことができるようになる。

図 6、図 7 は、本発明に係る固体撮像素子の概略構成の他の例を示す側断面図であり、順テーパ形状部が異なる 2 つ以上のテーパ角のテーパ形状を組み合わせによる場合の例を示す図である。なお、図中において、上述した固体撮像素子（図 2 参照）と同一の構成要素について

は、同一の符号を付している。

図 6 に示すように、固体撮像素子における導波路 20 は、光の入射側から信号線 7 a の脇部（図中 A 参照）に向けて、その導波路 20 の平面形状の大きさが徐々に小さくなるように傾斜する第 1 傾斜部 20 d を有したものとすることが考えられる。このとき、導波路 20 は、第 1 傾斜部 20 d に加えて、その第 1 傾斜部 20 d とは異なる角度で傾斜する第 2 傾斜部 20 e を有しているものとする。ただし、第 2 傾斜部 20 e に代わって、全く傾斜を持たない無傾斜部（ただし不図示）を有しているもよい。

10      このような導波路 20 における第 1 傾斜部 20 d は、積層方向（上下方向）に重なり合う少なくとも 2 以上の信号線 7 a, 7 b 同士の位置関係に応じた傾斜角度を有しているものとする。すなわち、上下の各信号線 7 a, 7 b における端部の位置に応じて、その傾斜角度が特定されることになる。例えば、図例のように、下側の信号線 7 a の端部位置が受光部 1 上に大きく張り出しているのに対して、上側の信号線 7 b の端部位置が受光部 1 上に張り出しておらず、互いの端部位置に平面的な違いがある場合には、第 1 傾斜部 20 d の傾斜角度は、入射する光の光軸方向に対して大きく傾いたものとなる。

20      なお、第 1 傾斜部 20 d の傾斜角度は、必ずしも信号線 7 a, 7 b の受光部 1 側における端部がなす角度に一致させる必要はなく、信号線 7 a, 7 b の位置関係に応じたものであればよい。

25      このように、第 1 傾斜部 20 d と第 2 傾斜部 20 e（または無傾斜部）とを組み合わせた順テーパ形状部を有する導波路 20 であっても、光入射側の開口を広げることにより、より多くの光を受光部 1 に導くことができるようになる。すなわち、従来における導波路構造（図 A 参照）では集光量が少なくなるため信号線 7 を受光部 1 付近に形成することが

できなかったが、上述したような第1傾斜部20dを有する導波路20を用いた導波路構造とすれば、受光部1への集光効率を向上させることができるようになる。したがって、例えばMOS (Metal Oxide Semiconductor) 型撮像素子（いわゆるCMOSセンサ等）のような撮像素子において、受光部1付近に信号線7を形成することが可能となる。また、受光部1の面積拡大から画素回路部の面積縮小に伴う、配線形成位置の制限という問題についても、これを解消し得るようになる。特に、信号線7aの端部位置が受光部1上に大きく張り出すように構成した場合には、そのことが顕著となる。

また、図7に示すように、固体撮像素子における導波路20は、その側壁面が第1の側面部20fと第2の側面部20gとからなり、これら第1の側面部20fおよび第2の側面部20gによって、その導波路20の平面形状の大きさを徐々に小さくすることが考えられる。このとき、第1の側面部20fは、第2の側面部20gと異なる形状に形成されているものとする。そして、少なくとも第1の側面部20fは、傾斜角度の異なる複数の傾斜部20h, 20iを有してなるものとする。これら複数の傾斜部20h, 20iは、上述した第1傾斜部20dおよび第2傾斜部20e（または無傾斜部）と同様に構成することが考えられる。すなわち、複数の傾斜部20h, 20iの中の少なくとも1つの傾斜部20hは、積層方向（上下方向）に重なり合う少なくとも2以上の信号線7a, 7b同士的位置関係に応じた傾斜角度を有したものとし、また下側の信号線7aは、その端部位置が受光部1上に大きく張り出すように形成されたものとする。

このように、第1の側面部20fと第2の側面部20gとを組み合わせた順テーパー形状部を有する導波路20であっても、光入射側の開口を広げることにより、より多くの光を受光部1に導くことができるよう

になる。すなわち、従来における導波路構造では集光量が少なくなるため信号線 7 を受光部 1 付近に形成することができなかったが、上述したような第 1 の側面部 20 f を有する導波路 20 を用いた導波路構造とすれば、受光部 1 への集光効率を向上させることができるようになる。また、受光部 1 の面積拡大から画素回路部の面積縮小に伴う、配線形成位置の制限という問題についても、これを解消し得るようになる。特に、信号線 7 a の端部位置が受光部 1 上に大きく張り出すように構成した場合には、そのことが顕著となる。

次に、以上のような構成の導波路構造の製造方法、すなわち本発明に係る固体撮像素子の製造方法の概要について説明する。図 8 ～図 12 は、本発明に係る固体撮像素子の製造方法を説明するための側断面図である。なお、ここでは、図 2 に示した固体撮像素子の製造方法を例に挙げて説明する。

上述した固体撮像素子の製造にあたっては、先ず、図 8 に示すように、受光部 1、読み出しゲート 6 を形成後、導波路開口エッチング時のエッチストップ膜となるストッパ S i N 膜 4 を、受光部 1 上にゲート絶縁膜 2 を介して形成する。ストッパ S i N 膜 4 については、導波路開口エッチング時の選択比を考慮して、その成膜材料として S i N を使用する。そして、ゲート絶縁膜 2 上に、多層の信号線 7、これらの信号線 7 に伴う導電プラグ 8、これらを埋め込むための絶縁膜 5 を形成する。絶縁膜 5 としては、酸化膜を使用することが考えられる。ここまでは、従来における固体撮像素子の製造手順と略同様である。

その後、図 9 に示すように、導波路 20 のための開口を形成すべく、絶縁膜 5 の上面側にフォトレジスト膜 21 をパターンニングする。このとき、フォトレジスト膜 21 は、順テーパー形状部を有する導波路 20 を実現するために、パターンニングされた開口部分の断面レジスト形状を順

テーパ形状とする。この順テーパ形状は、フォトリジスト膜 21 を成膜する際に通常用いられる周知技術を利用することで実現が可能である。また、順テーパ形状の角度等は、形成すべき順テーパ形状部の形状に応じて特定すればよい。

- 5      フォトリジスト膜 21 の成膜後は、図 10 に示すように、エッチングにより開口部 22 を形成する。これにより、絶縁膜 5 の受光部 1 に対応する箇所（受光部 1 の上方側）に開口部 22 が形成されることになる。ただし、このとき、フォトリジスト膜 21 が順テーパ形状となっているため、エッチングにより開口部 22 を形成すると、その開口部 22 に
- 10      フォトリジスト膜 21 の順テーパ形状が転写される。したがって、エッチングによって形成される開口部 22 は、光の入射方向から見た平面形状の大きさが、その光の入射側の面から受光部 1 側に向けて小さくなる順テーパ形状部を有したものとなる。

- また、エッチングにより開口部 22 を形成する際には、そのエッチングプロセスにおけるエッチング条件を、等方性エッチングを抑制して順
- 15      テーパー形状を形成するエッチング条件としても構わない。具体的には、エッチングプロセス条件として、例えば  $C_4F_8$  に代表される CF 系ガスのような堆積性の強いガスを使用し、側壁保護膜を形成することにより、等方性エッチングを抑制し、形成される開口部 22 が順テーパ形状を
- 20      有するようにする。また、使用するガスの種類だけではなく、レジスト露光条件、エッチングガスの流量や圧力、RF バイアス電圧等を適宜選択調整することにより、等方的なエッチングを抑制し、これによってもテーパ形状を実現することが可能となる。すなわち、エッチングプロセスにおけるエッチング条件を調整することで、そのエッチングによっ
- 25      て形成される開口部 22 は、順テーパ形状部を有したものとなる。

このように、絶縁膜 5 中に形成される導波路 20 のための開口部 22

は、フォトリソパターニングにおけるレジスト形状を順テーパー形状とするか、若しくはエッチングプロセスにおけるエッチング条件を等方性エッチングを抑制して順テーパー形状を形成するエッチング条件とするか、またはこれらの組み合わせにより、順テーパー形状部を有した  
5 ものとなる。この順テーパー形状部の角度や深さ等は、レジスト形状やエッチング条件等の調整によって、所望する角度や深さ等に設定することが可能である。なお、レジスト形状やエッチング条件等については、周知技術を利用することで調整することが可能であるため、ここではその詳細な説明を省略する。

- 10 開口部 22 の形成後は、図 11 に示すように、その開口部 22 に光透過性材料を埋め込んで導波路 20 を形成する。具体的には、例えば高密度プラズマ CVD 法により P-SiN 等の光透過性材料を埋め込むことで、導波路 20 を形成する。ただし、このとき、開口部 22 は順テーパー形状部を有したものとなっている。すなわち、順テーパー形状部によ  
15 って、開口部 22 の間口部分（最上部）が広がっている。したがって、光透過性材料を埋め込む際には、開口部 22 内へのラジカル供給が促進され、その開口部 22 内に満遍無く光透過性材料が行き渡ることになる。しかも、光透過性材料を埋め込む際に、開口部 22 の間口付近に堆積物が付着しても、間口部分が広いことから、その堆積物によって間口部分  
20 が塞がってしまうこともない。これらのことから、順テーパー形状部を有した開口部 22 であれば、高アスペクト比を有するものであっても、光透過性材料を良好に埋め込むことが可能となる。そして、開口部 22 に光透過性材料を埋め込んで導波路 20 を形成した後は、エッチバック法または CMP（Chemical Mechanical Polishing；化学的機械的研磨）  
25 法によってグローバル平坦化処理を施す。

その後は、図 12 に示すように、導波路 20 および絶縁膜 5 の上面側



に、従来における固体撮像素子の製造手順と略同様の手順によって、パッシベーション１０、平坦化膜１１、カラーフィルタ１２およびオンチップレンズ１３を順に形成して、固体撮像素子を完成させる。

5 以上のように、本実施形態で説明した固体撮像素子およびその製造方法によれば、導波路２０が順テーパー形状部を有している。すなわち、導波路２０を形成するための開口部２２が、平面形状の大きさが光の入射側の面から受光部側に向けて小さくなる順テーパー形状部を有したものとなっている。したがって、開口部２２に光透過性材料を埋め込んで導波路２０を形成する際における、光透過性材料を埋め込み性が従来より向上する。また、開口部２２の間口部分が堆積物によって塞がってしまうこともない。これらにより、高アスペクト比を有する開口部２２  
10 に対しても、光透過性材料を良好に埋め込むことが可能となり、結果として導波路２０における集光効率の向上や特性ばらつきの低減等を実現可能となる。

15 また、順テーパー形状部によって、導波路２０の光入射側を大きく、受光部１側を小さくすることが可能なため、固体撮像素子の構造に最適な導波路形状を形成することができ、これによっても集光性が向上することになる。すなわち、導波路２０の光入射側を大きいことにより、導波路２０への入射光量を増大させることが可能となる。また、導波路  
20 ２０の受光部１側が小さいことにより、入射光を効率よく導波路２０内部に取り込むことができ、例えば斜め方向へ放射された光も受光部１に集光し易くなる。これらによって、受光部１への集光性が向上することになる。

さらには、例えば多画素化によって受光部１の平面形状が小さく  
25 ても、あるいは例えば受光部１の上部に信号線７等が被さるような構造が採用された場合であっても、その信号線７等との干渉を避けつつ、順

テーパー形状部によって開口部 22 の間口部分については広くすることが可能となる。つまり、順テーパー形状部によって導波路 20 と信号線 7 との間の距離を広く取ることができるので、開口部 22 のエッチング時の配線削れが生じるのを回避することができ、固体撮像素子の信頼性  
5 向上や信号線 7 との反応生成物によるパーティクル発生抑制等も実現可能となる。

これらのことは、特に多層配線構造を有する固体撮像素子においては、多層配線化や多画素化等に伴って、導波路 20 を形成するための開口部 22 のアスペクト比が高くなるため、非常に有効であると言える。

10 また、本実施形態で説明したように、例えば受光部 1 上に最も大きく張り出す信号線 7 よりも光の入射側のみに導波路 20 の順テーパー形状部を配した場合には、その順テーパー形状部を必要な部分にのみ設けることとなる。つまり、それ以外の部分はテーパー形状ではなくストレート形状としても構わないので、受光部 1 への光の集光効率を向上させる  
15 上では非常に好適なものとなる。

さらに、本実施形態で説明したように、順テーパー形状部が、受光部 1 の平面形状ではなく、絶縁膜 5 中に形成された信号線 7、特に受光部 1 上に張り出す信号線 7 に対応した平面形状を有したものであれば、入射光が信号線 7 に遮られることがないため、効率良く受光部 1 まで到達  
20 させることが可能となり、集光効率を向上させる上で非常に好適なものとなる。また、開口部 22 のエッチング時の配線削れを未然に回避できるので固体撮像素子の信頼性向上にも寄与することとなる。

また、本実施形態で説明した固体撮像素子の製造方法によれば、順テーパー形状部を、フォトレジストパターンニングにおけるレジスト形状を  
25 順テーパー形状とするか、若しくはエッチングプロセスにおけるエッチング条件を等方性エッチングを抑制して順テーパー形状を形成するエッ

チング条件とするか、またはこれらの組み合わせにより形成するようになっている。したがって、順テーパー形状部を形成する場合であっても、特別な工程の追加等を要することなく、その形成を容易に行うことが可能となる。

- 5        しかも、エッチング条件の調整によって順テーパー形状部を形成する場合であれば、そのエッチング最中にも条件を可変することが可能となる。そのため、例えば一部のみに順テーパー形状部を設けたり、あるいは異なる2つ以上のテーパー角のテーパー形状を組み合わせたりする場合であっても、一度のエッチング処理を行うだけで、これらを容易に実現
- 10      することが可能となる。

- なお、本実施形態で説明した固体撮像素子およびその製造方法は、例えばCCD (Charge Coupled Device) 型のものであっても、あるいはCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 型のものであっても、導波路構造を有した固体撮像素子およびその製造方法であれば適用
- 15      することが可能である。

        また、本実施形態では、本発明をその好適な具体例により説明したが、本発明が本実施形態に限定されないことは勿論である。特に、受光部1や導波路20の平面形状や多層配線構造等については一具体例に過ぎない。

## 20      <実施例2>

- 次いで、本発明の第2の実施例（以下「実施例2」という）の固体撮像素子の製造方法を説明する。図13A～図13Kは、本発明の実施例2の固体撮像素子の製造方法を説明するための側断面図である。なお、ここでは、説明を簡単にするために、基体となるシリコン基板に形成された素子領域や素子分離領域等の構成については図示を省略している。
- 25      実施例2では、先ず、図13Aに示す如く、光電変換を行うダイオー

ド 1 1 2、S i N 膜 1 1 3、ポリ層間膜 1 1 4、第 1 信号線 1 1 6、第  
1 信号線層間膜 1 1 5、第 1 配線に適用した銅 (C u) の拡散防止膜 1  
2 1、第 1 信号線と第 2 信号線間の層間膜 1 2 2、第 2 信号線 1 2 3、  
第 2 配線に適用した C u の拡散防止膜 1 3 1、第 2 信号線と第 3 信号線  
5 間の層間膜 1 3 2、第 3 信号線 1 3 3、第 3 配線に適用した C u の拡散  
防止膜 1 4 1、第 3 配線とその上層に配置される信号線との層間膜 1 4  
2 で構成されるシリコン基板 1 1 1 に対して、図 1 3 B に示すように、  
導波路となる部分をリソグラフィ技術を用いて形成するために、マスク  
となるレジスト 1 5 1 をパターニングする。なお、層間膜は、この例で  
10 は全て S i O<sub>2</sub> 膜で、膜厚は、ポリ層間膜 1 1 4 が 4 5 0 n m、第 1 信号  
線層間膜 1 1 5 が 1 5 0 n m、第 1 信号線と第 2 信号線間の層間膜 1 2  
2 と第 2 信号線と第 3 信号線間の層間膜 1 3 2 が 2 0 0 n m、第 3 配線  
の上層の層間膜 1 4 2 が 3 0 0 n m である。また、信号線 1 1 6、1 2  
3、1 3 3 は、全て C u 配線で、膜厚は全層 2 0 0 n m である。さらに、  
15 C u 拡散防止膜 1 2 1、1 4 1 は、全て S i C 膜で、膜厚は 5 0 n m で  
ある。最下層の S i N 膜 1 1 3 も 5 0 n m である。

レジスト 1 5 1 のパターニング後は、図 1 3 C に示すように、最上層  
配線上の層間膜 1 4 2 を等方的に加工する。さらには、図 1 3 D に示す  
ように、異方性エッチングで導波路が形成される領域の層間膜を加工し、  
20 導波路 1 5 2 を形成する。

導波路 1 5 2 の形成後は、図 1 3 E に示すように、リソグラフィ技術  
で使用したレジスト 1 5 1 を除去する。そして、図 1 3 F に示すように、  
導波路の外管となる金属膜 1 5 3 を 5 0 n m 成膜した後に、図 1 3 G に  
示すように、その金属膜 1 5 3 を全面エッチバックし、導波路の外管と  
25 なる金属膜 1 5 3 を側面にのみ残す。金属膜 1 5 3 としては、アルミニ  
ウムをこの例では使用した。ただし、低屈折率膜を側壁に使用し、内部

の埋め込みを高屈折率膜にしたクラッド構造にしてもよい。

その後は、図 1 3 H に示すように、導波路 1 5 2 の中に、高密度プラズマ C V D 法により、絶縁膜 1 5 4 を埋め込む。この絶縁膜 1 5 4 は、可視光に対してこれを透過させる透明な膜であるものとする。具体的には、この例では、通常の S i O<sub>2</sub> 膜を使用した。

そして、絶縁膜 1 5 4 の埋め込み後は、図 1 3 I に示すように、C M P 法により平坦化を行い、導波路の部分以外に成膜された絶縁膜 1 5 4 を除去する。

なお、以上の手順では、導波路 1 5 2 の中に透明絶縁膜 1 5 4 を埋め込むのにあたり、高密度プラズマ C V D 法を用いた場合を例に挙げたが、例えば塗布法により透明絶縁膜 1 5 4 の埋め込みを行うことも考えられる。その場合に、塗布法によって平坦化も同時に実現できれば、C M P 法による平坦化プロセスは削除することが可能となる。

実施例 2 における固体撮像素子の製造方法は上述の通りであるが、それ以降の工程では、導波路 1 5 2 に光を十分入射させるべく、オンチップレンズを形成することも考えられる。すなわち、図 1 3 J に示すように、平坦化後の透明絶縁膜 1 5 4 上に、S i N 膜 1 6 1、カラーフィルタ 1 6 2、オンチップレンズ 1 6 3 を形成するようにしても構わない。

また、上述した手順では、透明絶縁膜 1 5 4 の埋め込みを高密度プラズマ C V D 法で行い、その後 C M P 法により平坦化する場合を例に挙げたが、図 1 3 K に示すように、C M P 法による平坦化を行わず、その上層に埋め込み絶縁膜 1 5 4 よりも屈折率の高い材料からなる膜 1 5 5、例えば S i N 膜を成膜し、その膜 1 5 5 が導波路上方部分にのみ残るようにエッチバックまたは C M P 法による平坦化を行って凹レンズを形成し、これにより導波路に効率よく光を集光させるようにすることも考えられる。

さらに、実施例 2 では、導波路になる部分を開口後、直ちに金属膜 153 を成膜する場合を例に挙げたが、絶縁膜を例えば 50 nm 形成後に、金属膜 153 を形成することも可能である。この場合、信号線と導波路との耐圧を確保しやすい。

### 5 <実施例 3>

次いで、本発明の第 3 の実施例（以下「実施例 3」という）の固体撮像素子の製造方法を説明する。図 14A～図 14K は、本発明に係る固体撮像素子の製造方法の実施例 3 を説明するための側断面図である。なお、ここでも、説明を簡単にするために、基体となるシリコン基板に形成された素子領域や素子分離領域等の構成については図示を省略している。

実施例 3 では、まず、光電変換を行うダイオード 212、SiN 膜 213、ポリ層間膜 214、第 1 信号線 216、第 1 信号線層間膜 215、第 1 配線に適用した Cu の拡散防止膜 221、第 1 信号線と第 2 信号線間の層間膜 222、第 2 信号線 223、第 2 配線に適用した Cu の拡散防止膜 231、第 2 信号線と第 3 信号線間の層間膜 232、第 3 信号線 233、第 3 配線に適用した Cu の拡散防止膜 241、第 3 配線とその上層に配置される信号線との層間膜 242 で構成されるシリコン基板 211 に対して、図 14A に示すように、導波路となる部分をリソグラフィ技術を用いて形成するために、マスクとなるレジスト 251 をパターンニングする。なお、層間・配線構成は実施例 2 の場合と同様である。

レジスト 251 のパターンニング後は、図 14B に示すように、最上層配線上の層間膜 242 を加工する。具体的には、信号線 216, 223, 233 の一部乃至全てを被覆する大きさとなるように、最上層配線上の層間膜 242 に開口部を形成する。

そして、開口部の形成後に、図 14C に示すように、絶縁膜 243 を

成膜し、さらには、図 1 4 D に示すように、開口部の側面にのみ絶縁膜 2 4 3 が残るように、R I E (Reactive Ion Etching) により、その絶縁膜 2 4 3 に対する加工を行う。この例では、絶縁膜 2 4 3 として、S i N 膜を 2 0 0 n m 成膜した。

- 5      その後は、図 1 4 E に示すように、信号線 2 1 6 , 2 2 3 , 2 3 3 に対して、十分な絶縁耐圧を確保する距離を有した大きさで、導波路をリソグラフィ技術と R I E 法により加工する。なお、図中の符号 2 5 2 はレジストである。

- 10      導波路の形成後は、図 1 4 F に示すように、レジスト 2 5 2 の剥離を行い、その剥離後、導波路の外管となる金属膜 2 5 3 として、例えばアルミニウムを 5 n m 成膜する。さらには、図 1 4 G に示すように、その金属膜 2 5 3 を全面エッチバックし、導波路の外管となる金属膜 2 5 3 を側面にのみ残す。ただし、金属膜 2 5 3 は、アルミニウム膜ではなく、低屈折率膜を側壁に使用し、内部の埋め込みを高屈折率膜にしたクラッド構造にしてもよい。
- 15      ド構造にしてもよい。

その後は、図 1 4 H に示すように、導波路の中に、高密度プラズマ C V D 法により、絶縁膜 2 5 4 を埋め込む。この絶縁膜 2 5 4 は、可視光に対してこれを透過させる透明な膜であるものとする。具体的には、この例では、通常の S i O<sub>2</sub> 膜を使用した。

- 20      そして、絶縁膜 2 5 4 の埋め込み後は、図 1 4 I に示すように、CMP 法により平坦化を行い、導波路の部分以外に成膜された絶縁膜 2 5 4 を除去する。

- 25      なお、以上の手順では、導波路の中に透明絶縁膜 2 5 4 を埋め込むのにあたり、高密度プラズマ C V D 法を用いた場合を例に挙げたが、例えば塗布法により透明絶縁膜 2 5 4 の埋め込みを行うことも考えられる。その場合に、塗布法によって平坦化も同時に実現できれば、CMP 法に

よる平坦化プロセスは削除することが可能となる。

実施例 3 における固体撮像素子の製造方法は上述の通りであるが、それ以降の工程では、導波路に光を十分入射させるべく、オンチップレンズを形成することも考えられる。すなわち、図 1 4 J に示すように、平坦化後の透明絶縁膜 2 5 4 上に、S i N 膜 2 6 1、カラーフィルタ 2 6 2、オンチップレンズ 2 6 3 を形成するようにしても構わない。

また、上述した手順では、透明絶縁膜 2 5 4 の埋め込みを高密度プラズマ C V D 法で行い、その後 C M P 法により平坦化する場合を例に挙げたが、図 1 4 K に示すように、C M P 法による平坦化を行わず、その上層に埋め込み絶縁膜 2 5 4 よりも屈折率の高い材料からなる膜 2 5 5、例えば S i N 膜を成膜し、その膜 2 5 5 が導波路上方部分にのみ残るようにエッチバックまたは C M P 法による平坦化を行って凹レンズを形成し、これにより導波路に効率よく光を集光させるようにすることも考えられる。

さらに、実施例 3 では、導波路になる部分を開口後、直ちに金属膜 2 5 3 を成膜する場合を例に挙げたが、絶縁膜を例えば 5 0 n m 形成後に、金属膜 2 5 3 を形成することも可能である。この場合、信号線と導波路との耐圧を確保しやすい。

#### < 実施例 4 >

次いで、本発明の第 4 の実施例（以下「実施例 4」という）の固体撮像素子の製造方法を説明する。図 1 5 A ～図 1 5 K は、本発明に係る固体撮像素子の製造方法の実施例 4 を説明するための側断面図である。なお、ここでも、説明を簡単にするために、基体となるシリコン基板に形成された素子領域や素子分離領域等の構成については図示を省略している。

実施例 4 では、まず、図 1 5 A に示すように、光電変換を行うダイオ



ード312およびSiN膜313から構成されるシリコン基板311において、ダイオード312上に形成される集光レンズの箇所に、リソグラフィ技術によりレジスト313aをパターニングする。そして、熱処理を施すことにより、図15Bに示すように、そのレジスト313aを丸める。その後、SiN膜313とレジスト313aとを同一のエッチングレートで加工すると、ダイオード312上には、図15Cに示すように、集光レンズが形成されることになる。

集光レンズの形成後は、配線下の層間膜であるSiN膜313形成、および、拡散層・ゲート電極とのコンタクト形成（図示せず）、第1信号線の層間膜315、第1信号線316、第1配線に適用したCuの拡散防止膜321、第1信号線と第2信号線間の層間膜322、第2信号線323、第2配線に適用したCuの拡散防止膜331、第2信号線と第3信号線間の層間膜332、第3信号線333、第3配線に適用したCuの拡散防止膜341、第3配線とその上層に配置される信号線との層間膜342を形成することで、図15Dに示す如き構造を得る。なお、配線・層間構造は、実施例2の場合と同様である。

そして、上述した構造に対して、図15Eに示すように、導波路となる部分をリソグラフィ技術を用いて形成するために、マスクとなるレジスト351をパターニングし、その後レジスト351を利用して最上層配線上の層間膜342を等方的に加工する。このとき、層間膜342は、例えば300nmである。

さらには、図15Fに示すように、異方性エッチングで導波路が形成される領域の層間膜を加工し、導波路を形成する。

導波路の形成後は、図15Gに示すように、リソグラフィ技術で使用したレジスト351を除去し、導波路の外管となる金属膜353として、アルミニウム膜を50nm成膜する。そして、図15Hに示すように、

その金属膜 3 5 3 を全面エッチバックし、導波路の外管となる金属膜 3 5 3 を側面にのみ残す。金属膜 1 5 3 としては、アルミニウムをこの例では使用した。ただし、金属膜 3 5 3 は、アルミニウム膜ではなく、低屈折率膜を側壁に使用し、内部の埋め込みを高屈折率膜にしたクラッド構造にしてもよい。

その後は、図 1 5 I に示すように、導波路の中に、高密度プラズマ C V D 法により、絶縁膜 3 5 4 を埋め込む。この絶縁膜 3 5 4 は、可視光に対してこれを透過させる透明な膜であるものとする。具体的には、この例では、通常の S i O<sub>2</sub> 膜を使用した。

そして、絶縁膜 3 5 4 の埋め込み後は、図 1 5 J に示すように、C M P 法により平坦化を行い、導波路の部分以外に成膜された絶縁膜 3 5 4 を除去する。

なお、以上の手順では、導波路の中に透明絶縁膜 3 5 4 を埋め込むのにあたり、高密度プラズマ C V D 法を用いた場合を例に挙げたが、例えば塗布法により透明絶縁膜 3 5 4 の埋め込みを行うことも考えられる。その場合に、塗布法によって平坦化も同時に実現できれば、C M P 法による平坦化プロセスは削除することが可能となる。

実施例 4 における固体撮像素子の製造方法は上述の通りであるが、それ以降の工程では、導波路に光を十分入射させるべく、オンチップレンズを形成することも考えられる。すなわち、図 1 5 K に示すように、平坦化後の透明絶縁膜 3 5 4 上に、S i N 膜 3 6 1、カラーフィルタ 3 6 2、オンチップレンズ 3 6 3 を形成するようにしても構わない。

また、図示しないが、実施例 2, 3 の場合と同様に、高密度プラズマ C V D 法で埋め込んだ絶縁膜を C M P により平坦化せず、その上層に埋め込み絶縁膜 3 5 4 よりも屈折率の高い材料を成膜し、その膜が導波路上方部分にのみ残るようにして凹レンズを組み合わせてもよい。

さらに、実施例 4 では、導波路になる部分を開口後、直ちに金属膜 353 を成膜する場合を例に挙げたが、絶縁膜を例えば 50 nm 形成後に、金属膜 253 を形成することも可能である。この場合、信号線と導波路との耐圧を確保しやすい。

## 5 <実施例 5>

次いで、本発明の第 5 の実施例（以下「実施例 5」という）の固体撮像素子の製造方法を説明する。図 16A～図 16K は、本発明に係る固体撮像素子の製造方法の実施例 5 を説明するための側断面図である。なお、ここでも、説明を簡単にするために、基体となるシリコン基板に形成された素子領域や素子分離領域等の構成については図示を省略している。

上述した実施例 4 では、ダイオード 312 の直上に集光レンズを配置した構成を例に挙げて説明したが、図 16A に示すように、ダイオード 412 より離れた場所に集光レンズ 454 を配置してもよく、その場合には集光レンズ 454 の加工時のダメージがダイオード 412 に及ぶのを回避し得るようになる。このとき、集光レンズ 454 は、半球面レンズよりも、集光性を上がると考えられる凸レンズと凹レンズを組み合わせた構造にすることが望ましい。そこで、実施例 5 では、凸レンズと凹レンズを組み合わせた構造の集光レンズ 454 とした場合製造手順を説明する。

実施例 5 では、先ず、図 16B に示すように、素子及びその分離領域（共に図示せず）、光電変換を行うダイオード 412、SiN 膜 413、ポリ層間膜 414 が形成されたシリコン基板 411 において、ダイオード 412 上に形成されるレンズ領域に対応するように、リソグラフィ技術によりレジスト 414a をパターニングする。そして、図 16C に示すように、レジスト 414a を利用してポリ層間膜 414 を等方的に加

工して、凹レンズ形成を行う。その後、図 1 6 D に示すように、凹レンズ形成に使用したレジスト 4 1 4 a を剥離し、さらには、図 1 6 E に示すように、S i N 膜 4 1 4 b を成膜する。このとき、レンズを形成する材料は、S i N 膜に限られる訳ではないが、ポリ層間膜 4 1 4 よりも屈折率の高い材料である必要がある。なお、ポリ層間膜は、この例では S i O<sub>2</sub> 膜を使用している。

S i N 膜 4 1 4 b の成膜後は、図 1 6 F に示すように、その S i N 膜 4 1 4 b を C M P 法により平坦化する。そして、図 1 6 G に示すように、光電変換を行うダイオード 4 1 2 上に形成される集光レンズの箇所に、  
10 リソグラフィ技術によりレジスト 4 1 4 c をパターニングするとともに、図 1 6 H に示すように、熱処理を施すことにより、そのレジスト 4 1 4 c を丸める。その後、S i N 膜 4 1 4 b とレジスト 4 1 4 c とを同一のエッチングレートで加工すると、ダイオード 4 1 2 上には、図 1 6 I に示すように、集光レンズ 4 1 4 b が形成されることになる。

15 それ以降は、図 1 6 J に示すように、第 1 信号線の層間膜 4 1 5 を成膜する。そして、レンズ形成によりできた凸部を C M P 法により平坦化すると、図 1 6 K に示すように、第 1 信号線を形成する前の状態となる。その後は、通常のデュアルダマシン法による C u 配線形成過程と、実施例 2, 3 で示した導波路形成過程を経て、図 1 6 A に示した固体撮像素子が形成されることになる。

20 以上に説明した実施例 2 ~ 5 によれば、信号線のレイアウトによる導波路の配置領域の制約を最小限に留め、十分な光量を受光部に入射させることが可能になる。また、導波路と受光部との間に集光レンズを形成することで、導波路の下方側で反射した光が、隣接する画素に漏れるのを抑制することもできるようになる。したがって、高感度の固体撮像素子を提供することができるのである。

なお、上述した実施例 2～5 は、信号線として 3 層構造のものを例に挙げたが、本発明は、必ずしも三層配線の場合に限定されるものではない。さらに、実施例 2～5 では、配線として Cu を適用した場合を説明したが、本発明が Cu 配線に限定されるものでないことは勿論である。

## 5 <実施例 6>

次いで、本発明の第 6 の実施例（以下「実施例 6」という）である固体撮像装置（CMOS センサ）について説明する。

実施例 6 の本発明を固体撮像素子（CMOS センサ）に適用した場合の概略構成を図 17 に示す。

10 尚、図示の例では固体撮像素子の 1 画素に対応する断面を示している。

本実施例に係る固体撮像素子 501 は、素子分離領域 503 で分離された半導体基板 502 内の所定の領域に入射光を受光する受光部 504 が形成され、受光部 504 上の所定の位置にはゲート絶縁膜 505 を介して読み出しゲート 506、後述する信号線と接続される導電プラグ 5

15 07 が絶縁膜 508 中に形成される。

信号線 509 は図示の例では 2 層（第 1 の信号線 591 及び第 2 の信号線 592）に形成されており、信号線 591 及び 92 間は導電プラグ 507 により接続されている。最上層の信号線 592 の上方には、絶縁膜 508 上にパッシベーション膜 510、平坦化膜 511 を介してカラーフィルタ 512 が形成され、カラーフィルタ 512 上の受光部 504 と対応する位置にはオンチップレンズ 513 が形成される。

20 受光部 504 上には、この受光部 504 とオンチップレンズ 513 間をつなぐようにパッシベーション膜 510 の下端まで孔 514 が形成され、この孔 514 内には絶縁膜 508 より高い屈折率（ $n=2.0$ ）を有する高屈折率層（例えば高密度のプラズマ CVD 法によるプラズマ SiN 膜）15 が埋め込まれてなる。尚、16 は絶縁膜（例えば SiO<sub>2</sub>

膜) 8 との間で高い選択比を有するエッチングストップ膜 (例えば S i N 膜) である。

これによって、入射光の集光効率を高めるようにした構造を有する固体撮像素子 5 0 1 が構成される。

5 本実施例では、特に、孔 5 1 4 が複数の層で形成された構成とする。

本実施例では、孔 5 1 4 が例えば 2 つの層 5 1 4 A, 5 1 4 B で形成された構成とする。層 5 1 4 A の上面は、例えば信号線 5 9 1 の下の、破線で示す平坦化された絶縁膜 5 0 8 の上面と同一面上となるようにして形成される。また、層 5 1 4 B の上面は、例えばパッシベーション膜 10 5 1 0 の下の平坦化された絶縁膜 5 0 8 の上面と同一面上となるように形成される。

このように構成することで、例えば従来のような深い 1 つの穴に高屈折率層 5 4 4 が埋め込まれて孔 5 4 3 が形成されているのではなく穴に高屈折率層である S i N 膜 5 1 5 が埋め込まれた層 5 1 4 A, 5 1 4 B 15 を複数有して孔 5 1 4 が形成されているので、各層 5 1 4 A, 5 1 4 B でのプラズマ S i N 膜 5 1 5 の埋め込み性は、従来 of プラズマ S i N 膜の埋め込み性に比べて良好なものとなり、プラズマ S i N 膜 5 1 5 中に空洞が生じることがなくなる。

ところで、このように複数の層 5 1 4 A, 5 1 4 B により孔 5 1 4 が 20 形成されてなるので、例えば層間でのずれの問題が懸念される。

例えば、リソグラフィ技術を用いて 2 つ目の層 5 1 4 B 形成用のレジストマスクを形成する際、1 つ目の層 5 1 4 A との間で重ね合わせずれが生じた場合、図 1 8 に層間付近の拡大図を示すように、垂直方向に連続する層 5 1 4 A 及び 5 1 4 B の側壁における層 5 1 4 A, 5 1 4 B の 25 接続部 5 2 0 にて段差 5 2 1 が形成されてしまう。

このように、各層 5 1 4 A, 5 1 4 B 間の接続部 5 2 0 にて段差 5 2

1 が形成された場合、例えば孔 5 1 4 の上部から入射してきた光（図中矢印 X）は、その内部に埋め込まれたプラズマ S i N 膜 5 1 5 から絶縁膜 5 0 8 へと向かって入射するため、入射角によっては光が段差 5 2 1 で屈折して絶縁膜 5 0 8 内へと進んだり（図中矢印 Y）、光が段差 5 2 1 で全反射して孔 5 1 4 内を上方に向かって進んで表面から外部に拡散されてしまう（図中矢印 Z）。若しくは、孔 5 1 4 の表面と上層（例えばパッシベーション膜 5 1 0）との界面で再び全反射して孔 5 1 4 内に再び戻る。

このように、段差 5 2 1 が形成されることにより、入射された光の受光部 5 0 4 への集光性が低減して集光効率が低下してしまうことは明らかである。

そこで、本実施例においては、隣接する層 5 1 4 A, 5 1 4 B の径を異なるようにする。即ち、図 1 9 に示すように、下層 5 1 4 A の上部径 A d よりも上層 5 1 4 B の下部径 B d を小さく形成する。これにより、前述した集光効率の低下を改善することができる。

この場合、接続部 5 2 0 に段差を有するが、接続部 5 2 0 では下層の上部径 A d の方が広がっているため、図 1 8 に示したような不要な反射や屈折は生じない。

このように、下層 5 1 4 A の上部径 A d よりも上層 5 1 4 B の下部径 B d を小さく形成するには、その分マスクの径を小さくすればよい。このとき、リソグラフィ工程で生じてしまうずれの量は最大でも  $0.1 \mu\text{m}$  程度であるので、例えば上層 5 1 4 B を形成する際のリソグラフィ工程の際、その下部径 B d が下層 5 1 4 A の上部径 A d よりも  $0.2 \mu\text{m}$  ( $0.1 \times 2$ ) 小さくなるように制御すればよい。

これにより、上述したような、各層 5 1 4 A, 5 1 4 B 間の接続部 5 2 0 で生じる段差 5 2 1 を回避できる。

本実施例の固体撮像素子 5 0 1 によれば、例えば従来のような深い 1 つの穴に高屈折率層が埋め込まれて孔が形成されてなるのではなく、穴に高屈折率層である S i N 膜 5 1 5 が埋め込まれた層 5 1 4 A, 5 1 4 B を複数有して孔 5 1 4 が形成されてなるので、各層 5 1 4 A, 5 1 4 B でのプラズマ S i N 膜 5 1 5 の埋め込み性は、従来の 1 つの層 5 4 7 でのプラズマ S i N 膜の埋め込み性に比べて良好なものとなる。これにより、プラズマ S i N 膜 5 1 5 中に空洞が生じない埋め込み性の良好な孔を有する固体撮像素子を提供できる。

また、各層 5 1 4 A, 5 1 4 B 間（接続部 5 2 0）において、上層 5 1 4 B の下部径 B d が下層 5 1 4 A の上部径 A d よりも小さく形成されているので、接続部 5 2 0 において不要な反射や屈折を発生せず、集光効率が低下されることのない固体撮像素子を提供できる。

また、受光部 5 0 4 内の界面準位を低減するためや結晶格子の乱れを修復して白点の発生を抑制するために、例えばアニール処理によってプラズマ S i N 膜 5 1 5 中に含有されている水素を受光部 5 0 4 へと供給する際に、孔 5 1 4 内のプラズマ S i N 膜 5 1 5 に空洞がなく十分な体積を有するので、このプラズマ S i N 膜 5 1 5 から受光部 5 0 4 への十分な量の水素を供給することができ、白点の発生を抑制させる効果を十分に発揮させることができる。

また、孔内に空洞が生じた場合では、孔内での高屈折率層のつきまわり（カバレッジ）が悪く、高屈折率層が剥がれ易くなっていたが、本実施例では、孔 5 1 4 内に空洞が生じないので、孔 5 1 4 内での高屈折率層である S i N 膜 5 1 5 のカバレッジを良好にすることができる。

上述した実施例においては、孔 5 1 4 を構成する複数の層 5 1 4 A, 5 1 4 B のうち少なくとも 1 つの層の側壁がテーパ形状に形成された構成とすることもできる。



例えば、図 20 に示すように、上述した実施例において、最上部に形成された層 514B の側壁をテーパ形状とした場合は、例えば図 17 に示した構成と比較して孔 514 内へ光を取り込み易くすることができる。また、層 514B 内でのプラズマ SiN 膜 515 の埋め込み性がさらに向上される。

上述した実施例においては、孔 514 が 2 つの層 514A, 514B より形成された構成としたが、他の実施例として、孔 514 が例えば 3 つの層 514A, 514B, 514C により形成されてなる構成を図 21 に示す。

- 10     本実施例では、例えば各層 514A, 514B, 514C の上面が、それぞれ第 1 の信号線 591 下の破線で示す平坦化された絶縁膜 508 の上面と同一面上、第 2 の信号線 592 下の破線で示す平坦化された絶縁膜 508 の上面と同一面上、パッシベーション膜 510 の下の平坦化された絶縁膜 508 の上面と同一面上となるように形成される。即ち、
- 15     各層 514A, 514B, 514C の上面と平坦化された絶縁膜 508 の上面がそれぞれ同一面上となるように形成される。

尚、その他の部分は図 17 の構成と同様であるので対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略している。

- このような構成とした場合は、各層 514B, 514C が浅くなって、
- 20     各層 514B, 514C 内でのプラズマ SiN 膜 515 の埋め込み性が向上するので、図 17 に示した構成に比べてさらに孔 514 内の埋め込み性が向上する。

- また、例えば図 22 に示すように、前述した図 21 に示す構成において、層 514B, 514C の側壁をそれぞれテーパ形状とした場合は、
- 25     前述した作用効果に加えて、受光部 504 からオンチップレンズ 513 へと上方へ向かって形成される各層 514A, 514B, 514C の径

(上部径) が除々に小さくなることを防止できる。また、層 5 1 4 B, 5 1 4 C 内でのプラズマ S i N 膜 5 1 5 の埋め込み性が向上し、さらに孔 5 1 4 内の埋め込み性が向上される。

#### <実施例 7>

- 5      次に、本発明の第 7 の実施例（以下「実施例 7」という）の固体撮像素子の製造方法の一実施例を図 2 3 A～図 2 3 J 用いて説明する。

本実施例では、図 1 7 に示した固体撮像素子を製造する方法を示す。尚、図示の例では、固体撮像素子の 1 画素に対応する断面図を示し、図 1 7 と対応する部分には同一符号を付している。 10      先ず、図 2 3 A に示すように、素子分離領域 5 0 3 で分離された半導体基板 5 0 2 内の所定の領域（素子形成領域）内に入射光を受光する受光部 5 0 4 を形成し、受光部 5 0 4 上にゲート絶縁膜 5 0 5 を形成する。

次に、図 2 3 B に示すように、受光部 5 0 4 上にゲート絶縁膜 5 0 5 を介して読み出しゲート 5 0 6、エッチングストッパ膜 5 1 6 を形成する。 15      る。

ここでエッチングストッパ膜 5 1 6 としては、次のエッチングストッパ膜 5 1 6 上絶縁膜 5 0 8 に開口 5 1 4 を形成する際に、S i O<sub>2</sub> 膜からなる絶縁膜 5 0 8 に対して高いエッチング選択比が確保できる S i N 膜が用いられる。この S i N 膜は例えば減圧 C V D 法を用いて形成する 20      ことができる。

次に、読み出しゲート 5 0 6、エッチングストッパ膜 5 1 6、素子分離領域 5 0 3 を含んで全面に絶縁膜 5 0 8 を形成し、さらにこの絶縁膜 5 0 8 上にレジスト膜（図示せず）を形成する。そして、公知のリソグラフィ技術を用いてレジスト膜を開口 5 4 1 形成用のパターンのレジストマスクに形成した後、このレジストマスクを介して異方性ドライエッチングにより絶縁膜 5 0 8 をエッチング除去する。 25

その後、レジストマスクを除去することにより、図 2 3 C に示すように、絶縁膜 5 0 8 に開口 5 4 1 が形成された構造となる。

異方性ドライエッチングは平行平板型のエッチャで処理し、反応ガスとしては、例えば  $C_4F_8$  ガス、 $Ar$  ガス、 $O_2$  ガス等を用いることができる。このような反応ガスを用いた場合、絶縁膜 5 0 8 とエッチングストップ膜 5 1 6 との間で高い選択比が確保できる。

この際、前述したように、受光部 5 0 4 上に形成されたエッチングストップ膜 5 1 6 は絶縁膜 5 0 8 との間で高い選択比が確保されているため、絶縁膜 5 0 8 のエッチングはエッチングストップ膜 5 1 6 に達したところで停止され、受光部 5 0 4 の表面に影響を与えることはない。また、例えば開口 5 4 1 の深さ 1 4 A h を各画素毎にバラツキなく均一に形成することができる。

これにより、後述する信号線 5 0 9 を形成する前に開口 5 4 1 を形成している分、従来のような信号線を全て形成した後に開口を形成する場合と比較して、開口 5 4 1 の深さ 1 4 A h を浅く形成できる。即ちアスペクト比の低い開口 5 4 1 が形成される。

次に、図 2 3 D に示すように、例えば等方性ドライエッチングにより開口 5 4 1 内に露出しているエッチングストップ膜 5 1 6 を除去した後、開口 5 4 1 を含んで絶縁膜 5 0 8 上の前面に絶縁膜 5 0 8 より高い屈折率を有する高屈折率層である  $SiN$  膜 5 1 5、例えば高密度プラズマ CVD 法による  $SiN$  膜（プラズマ  $SiN$  膜）1 5 を形成する。

尚、エッチングストップ膜 5 1 6 を除去する際の等方性エッチングは、例えばダウンフロープラズマによるケミカルドライエッチを用いることができる。

この際、上述したように、開口 5 4 1 の深さ 1 4 A h は浅く形成されているので、開口 5 4 1 内に空洞が形成されることなく良好にプラズマ

S i N膜を埋め込むことができる。

次に、図 2 3 E に示すように、例えば C M P 法又はエッチバック法等を用いてプラズマ S i N 膜 5 1 5 を絶縁膜 5 0 8 の表面までエッチング除去する。

5      この際、プラズマ S i N 膜 5 1 5 が絶縁膜 5 0 8 上に残存しないようにエッチング除去を行う必要がある。これは、プラズマ S i N 膜 5 1 5 が絶縁膜 5 0 8 上に残存した場合、入射光がこのプラズマ S i N 膜 5 1 5 内を多重反射して隣接する画素へと入り込んで影響を及ぼす虞があるためである。

10      ここで、例えば C M P 法を用いてプラズマ S i N 膜 5 1 5 のエッチング除去を行った場合は、プラズマ S i N 膜 5 1 5 が残存することなく絶縁膜 5 0 8 の上面が平坦化されるので、例えば次の工程で信号線を形成する際に再び平坦化処理を行う必要がない。

15      これにより、プラズマ S i N 膜 5 1 5 が埋め込まれた層 5 1 4 A が形成される。

次に、図 2 3 F に示すように、導電プラグ 5 0 7、信号線 5 0 9 を形成する。

20      先ず絶縁膜 5 0 8 中の所定の位置に導電プラグ 5 0 7 を形成し、平坦化された絶縁膜 5 0 8 上に 1 層目となる信号線 5 9 1 を形成する。そして、信号線 5 9 1 を含んで全面に再び絶縁膜 5 0 8 を形成し、平坦化処理を行った後、所定の位置に導電プラグ 5 0 7 を形成し、絶縁膜 5 0 8 上に 2 層目となる信号線 5 9 2 を形成する。そして、信号線 5 9 2 を含んで全面に再び絶縁膜 5 0 8 を形成し、この絶縁膜 5 0 8 を平坦化処理する。このようにして 2 層構造の信号線 5 0 9 （第 1 の信号線 5 9 1 及び第 2 の信号線 5 9 2 ）が形成される。

尚、本実施例では信号線 5 0 9 を 2 層構造としたが、例えば 3 層、 4

層， 5 層， 6 層， 7 層と信号線 5 0 9 が何層にも増えた場合はこのような工程が繰り返される。

次に、絶縁膜 5 0 8 上にレジスト膜（図示せず）を形成し、リソグラフィ技術を用いてレジスト膜を開口 5 4 2 形成用のパターンのレジストマスクに形成する。

この際、開口 5 4 2 形成用のパターンは、例えばリソグラフィ工程におけるずれ量（最大でも  $0.2\ \mu\text{m}$ ）に対応して、その下部径 5 1 4 B d が前の工程（図 2 3 C 参照）で形成された下の開口 5 4 1 の上部径 5 1 4 A d よりも小さくなるように形成する。

10      ここで、各開口 5 4 1， 5 4 2 の開口径には  $0.2\ \mu\text{m}$  程度の差が生じることになるが、このように差が  $0.2\ \mu\text{m}$  と僅かであるので、例えば開口 5 4 1 の形成時に用いたレジストマスクと同一のマスクパターンを用いることができる。即ち、リソグラフィ工程での制御のみで開口径を調整することが可能である。

15      そして、このレジストマスクを介して異方性ドライエッチングにより絶縁膜 5 0 8 をエッチング除去する。

その後、レジストマスクを除去することにより、図 2 3 G に示すように、絶縁膜 5 0 8 に開口 5 4 2 が形成される。

この際、下層 5 1 4 A 内のプラズマ S i N 膜 5 1 5 がエッチングスト  
20      ッパとして働く。これは、異方性ドライエッチングに用いられる反応ガスとして、上述したと同様な  $\text{C}_4\text{F}_2$  ガス、A r ガス、 $\text{O}_2$  ガス等を用いることにより、層 5 1 4 A 内のプラズマ S i N 膜 5 1 5 とエッチングされる絶縁膜 5 0 8 との間で高い選択比が確保されるためである。これにより、層 5 1 4 A 内のプラズマ S i N 膜 5 1 5 の表面に影響を与えること  
25      はない。また、各開口間（接続部 5 2 0）において、上の開口 5 4 2 の下部径を下の開口 5 4 1 の上部径よりも小さく形成するようにしたので、

例えば開口 5 4 2 を形成する際のリソグラフィ工程でのレジストマスクの開口パターンと下の開口 5 4 2 との間で重ね合わせずれが生じたとしても、上の開口 5 4 2 の下部径 5 1 4 B d が下の開口 5 4 1 の上部径 5 1 4 A d からはみ出してしまうようなことはなく、絶縁膜 5 0 8 を部分的にエッチングしてしまうことはない。

そして、この際においても、上述したと同様に開口 5 4 2 の深さ 1 4 B h を、前段階で層 5 1 4 A を形成している分浅く形成できる。

次に、図 2 3 H に示すように、開口 5 4 2 を含んで絶縁膜 5 0 8 上の前面に絶縁膜 5 0 8 より高い屈折率を有する高屈折率層を形成する。この工程においても、図 2 3 D に示した場合と同様に、例えば高密度プラズマ CVD 法による S i N 膜(所謂プラズマ S i N 膜) 1 5 を形成する。この際においても、上述したように開口 5 4 2 が浅いので、開口 5 4 2 内に良好にプラズマ S i N 膜を埋め込むことができる。

次に、図 2 3 I に示すように、CMP 法またはエッチバック法を用いてプラズマ S i N 膜 5 1 5 を絶縁膜 5 0 8 の表面までエッチング除去する。この平坦化処理の際においても上述したと同様に、プラズマ S i N 膜 5 1 5 が絶縁膜 5 0 8 上に残存しないようにして行う。

この際においても、例えば CMP 法を用いてプラズマ S i N 膜 5 1 5 のエッチング除去を行った場合は、プラズマ S i N 膜 5 1 5 が残存することなく絶縁膜 5 0 8 の上面が平坦化処理されるので、例えば次の工程で信号線を形成する際に、再び平坦化処理を行う必要がない。

これにより、プラズマ S i N 膜 5 1 5 が埋め込まれた層 5 1 4 B が形成される。そして、先に形成された下層 5 1 4 A と合わせて孔 5 1 4 が形成される。

次に、図 2 3 J に示すように、絶縁膜 5 0 8 、孔 5 1 4 内に埋め込まれたプラズマ S i N 膜 5 1 5 の表面を覆って全面にパッシベーション膜

5 1 0 を形成し、パッシベーション膜 5 1 0 上に平坦化膜 5 1 1 を形成した後、カラーフィルタ 5 1 2 を形成する。そして、カラーフィルタ 5 1 2 上において、受光部 5 0 4 上の孔 5 1 4 に対応する位置にオンチップレンズ 5 1 3 を形成する。

- 5      このようにして、図 1 7 に示す構造の固体撮像素子を形成することができる。

10      上述した本実施例に係る撮像素子の製造方法によれば、絶縁膜 5 0 8 中に開口 5 4 1, 5 4 2 を形成し、各開口 5 4 1, 5 4 2 にプラズマ S i N 膜 5 1 5 を埋め込む工程を複数回行うことにより孔 5 1 4 を形成するので、例えば形成された各開口 5 4 1, 5 4 2 のそれぞれの深さ 1 4 A h 及び 1 4 B h を、例えば従来のような（全ての信号線を形成してから）1 回で形成された開口の深さ h に比べて浅く形成することができる。即ち、従来に比べてアスペクト比の低い開口を形成することができる。

15      これにより、プラズマ C V D 法を用いて高い屈折率を有するプラズマ S i N 膜 5 1 5 を各開口 5 4 1, 5 4 2 内に埋め込む際に、プラズマ S i N 膜 5 1 5 を良好に埋め込むことができる。

20      また、前の工程で形成する開口 5 4 1 の上部径 5 1 4 A d よりも、次の工程で形成する開口 5 4 2 の下部径 5 1 4 B d を小さく形成するようにしたので、開口 5 4 1, 5 4 2 の接続部 5 2 0 において不要な反射や屈折が生じてしまうことを防止できる。

    上述した実施例において、少なくとも 1 つの開口の側壁をテーパ形状に形成することもできる。

25      例えば、最上部に形成する開口 5 4 2 の側壁をテーパ形状とする場合は、図 2 3 G に示す工程において、リソグラフィー技術を用いて開口 5 4 2 形成用のレジストパターンを形成する際、例えば露光条件を調整することによりレジストパターンをテーパ形状となるようにエッチン

グすることで実現できる。この際、 $C_4F_8$ ガスを用いれば、CF系埋積物による側壁保護膜形成効果によって良好なテーパ形状を容易に形成することができる。

また、上述したように、例えばCMP法等により、絶縁膜508上の  
5 プラズマSiN膜515を除去する場合は、絶縁膜508とプラズマSiN膜515のそれぞれの平坦化処理を1回で行うことができる。

上述した実施例では、2回に分けて開口を形成することで孔514を形成するようにしたが、埋め込み性や信号線の数及び深さ等の兼ね合いによっては、3回以上に分けて開口を形成することもできる。

10 より多くの回数に分けて孔514を形成した場合は、各開口でのプラズマSiN膜515の埋め込み性はさらに向上する。

また、上述した実施例では、本発明を固体撮像素子に適用した場合について説明したが、本発明はその他の固体撮像素子、例えばCCD固体撮像素子においても適用できるものである。

15 尚、本発明は、上述の実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲でその他様々な構成が取り得る。

#### <実施例8>

次いで、本発明の第8の実施例（以下「実施例8」という）について説明する。本発明の実施例8は、導波路構造を有する固体撮像素子において、二種類の透明膜（ポリイミド系樹脂（第2の高屈折率材）、プラ  
20 ズマ窒化シリコン（第1の高屈折率材））を組み合わせた導波路を用いることにより、導波路の埋め込み性を向上し、ポリイミド系樹脂からの金属拡散による白点増加を抑制し、かつトランジスタの信頼性劣化を抑えることができる固体撮像素子及びその製造方法を提供するものである。

25 図24は本発明の実施例8による固体撮像素子を示す断面図である。

図示の例は、CMOSイメージセンサに適用した例であり、Si等の



半導体材料からなる基体 6 2 0 の素子分離領域 6 0 3 によって分離された画素領域にフォトダイオード（光電変換部） 1 や読み出しゲート 6 0 4 等の画素トランジスタが形成されている。

また、基体 6 2 0 の上面には、ゲート絶縁膜 6 0 2 を介して読み出し  
5 ゲート 6 0 4 の転送電極（p o l y S i 電極） 4 A が形成され、その上に絶縁膜 6 2 1 を介してエッチングストoppa膜 6 0 5 A が設けられている。このエッチングストoppa膜 6 0 5 A は、減圧 C V D による窒化シリコン膜（L P - 窒化シリコン）によって形成されている。

また、このエッチングストoppa膜 6 0 5 A の上には、上層膜となる複  
10 数層の配線 6 0 8 、及び絶縁膜 6 0 6 が設けられている。各配線 6 0 8 及び基体 6 2 0 のコンタクト領域の間には導電プラグ 6 0 7 が設けられ、各層の配線 6 0 8 が接続されている。なお、絶縁膜 6 0 6 には主に S i O<sub>2</sub> が用いられている。

また、最上層の絶縁膜 6 0 6 の上にはパッシベーション膜 6 1 0 が設  
15 けられ、その上に平坦化膜 6 1 1 を介してカラーフィルタ 6 1 2 及びオンチップレンズ 6 1 3 が設けられている。

そして、絶縁膜 6 0 6 には、その最上面からフォトダイオード 6 0 1 の受光領域上のゲート絶縁膜 6 0 2 に到る孔 6 0 6 A が形成され、この孔 6 0 6 A に埋め込まれる形で導波路 6 0 9 が設けられている。

20 この導波路 6 0 9 は、導波路のコア（導波路）が外側のプラズマ窒化シリコンによる第 1 導波路 6 0 9 A と、この第 1 導波路 6 0 9 A 内の空洞部に埋め込まれたポリイミド系樹脂（P I Q）よりなる第 2 導波路 6 0 9 B より構成される。なお、製造方法は後述するが、第 1 導波路 6 0 9 A は上端部が開口しており、第 1 導波路 6 0 9 A の上方からポリイミド材を塗布することにより、第 1 導波路 6 0 9 A の開口から第 2 導波路  
25 6 0 9 B が埋め込まれている。

詳細は後述するが、ポリイミド系樹脂は、プラズマ窒化シリコンよりも屈折率が低い、周囲の $\text{SiO}_2$ よりも高い屈折率を有している。

このような構成では、プラズマ窒化シリコン単体による導波路に比べて埋め込み性を改善でき、さらに、プラズマ窒化シリコンとポリイミド系樹脂が密着性が高いため、優れた光学特性を得ることができる利点がある。

また、第1導波路609Aは十分な膜厚で形成されており、第2導波路609Bとゲート絶縁膜602とが十分離間した状態で配置され、できるだけポリイミドの不純金属がフォトダイオード601側に拡散しないように形成している。

そして、本例では、孔606A内に第1導波路609Aを埋め込んだ後、第2導波路609Bを埋め込む前に、水素アニール処理（水素雰囲気中の熱処理）を行い、プラズマ窒化シリコンに多く含まれる水素をフォトダイオード601内に拡散させることにより、フォトダイオード601内の結晶欠陥を減少させて、白傷ノイズの発生を防止するようになっている。

すなわち、第1導波路609A（プラズマ窒化シリコン）においては水素を含有しており、水素雰囲気中でアニール処理（例えば $400^\circ\text{C}$ で60分）を施すことにより、フォトダイオード601内への水素供給が促進される。したがって、第2導波路609Bからフォトダイオード601内へ拡散された金属により、結晶欠陥が引き起こされてできたダングリングボンドに対して、水素による終端効果があらわれて白点低減効果が得られる。

この際、第1導波路609Aの占める割合を第2導波路609Bに対して多くすることにより、水素供給効果の増大、及び第2導波路609Bからフォトダイオード601までの距離が広がることで、白点低減効

果はさらに大きくなり、さらに、第1導波路609Aの方が第2導波路609Bに比して屈折率が高いため、集光性も向上する。

ただし、第1導波路609Aの割合を過剰に大きくすれば、残留応力による剥がれの問題、導波路表面が第1導波路609Aにより塞がることによる導波路内のボイドの発生（第2導波路609Bが埋め込まれないことになる）が懸念されるため、第1導波路609Aの膜厚は例えば1000nm程度が適切となる。

また、図24に示すように、エッチングストップ膜605Aは、導波路の井戸構造を得るための孔606Aをエッチングによって形成する際のエッチングストップとして機能する窒化シリコン膜であるが、本例では、このエッチングストップ膜605Aをフォトダイオード601の受光領域以外の領域に残すことにより、プラズマ窒化シリコンを用いた水素アニール処理（水素雰囲気中の熱処理）によって、フォトダイオード601内に水素を拡散する際に、他の領域のトランジスタ等に水素が浸入しないようにするための水素吸収膜として機能するものである。

すなわち、上述した第1導波路609Aによる水素供給効果はトランジスタのソース・ドレイン領域に過剰の水素が供給されると、ドレインアバランシェ効果が促進され、トランジスタの信頼性（ホットキャリア耐性）に悪影響を与える。

そこで、エッチングストップ膜605Aを形成する減圧CVDによる窒化シリコン（LP-窒化シリコン）膜は、高い水素吸収効果を有することから、このLP-窒化シリコン膜を受光領域以外の領域（特にトランジスタを覆う領域）に残し、水素の浸入を防止するものである。

なお、本例では、このようなエッチングストップ膜605Aの受光領域以外に配置される窒化シリコン膜を水素浸入防止膜605Bと称して説明する。

このような水素浸入防止膜 6 0 5 B により、水素の拡散によるトランジスタ等の特性劣化を防止し、適正な動作特性を維持するようになっている。

ただし、トランジスタのコンタクト領域については水素浸入防止膜 6 0 5 B が除去されることになるが、プラグ内部に T i や T i N 等からなるバリアメタル層が形成されているため、これによる水素吸収効果によって保護される。

一方、導波路の部分では、水素を有効にフォトダイオード 6 0 1 側に供給するため、エッチングストップ膜 6 0 5 A を完全に除去し、第 1 導波路 6 0 9 A のプラズマ窒化シリコンをゲート絶縁膜 6 0 2 に直接接触させ、上述した水素供給効果を得るようになっている。

なお、水素浸入防止膜 6 0 5 B を設ける領域としては、半導体基板上に設けられる複数のトランジスタ等の能動素子の全ての領域（ただしプラグ等の貫通部分は除く）を覆うものであってもよいし、一部のトランジスタだけを覆うようなものであってもよい。

特に、本例で導波路に用いるプラズマ窒化シリコンに近い領域に配置されるトランジスタ（例えば読み出しゲート等の画素トランジスタ）においては、水素が浸入する可能性が高いので、この領域を水素浸入防止膜 6 0 5 B の窒化シリコン膜で包囲することにより、有効に水素を吸収してトランジスタへの浸入を防止することができ、極めて顕著な効果を得ることができる。

また、CMOS イメージセンサでは、同一チップ上に画素領域と周辺回路領域が設けられており、周辺回路領域内のトランジスタ等についても、画素領域内のトランジスタほどではないものの、水素が侵入する可能性があるため、この周辺回路領域のトランジスタの上面に水素浸入防止膜 6 0 5 B を設けるようにしてもよい。また、エッチングストップ膜

605A及び水素浸入防止膜605Bは全領域で連続している必要はなく、間欠的に配置されていてもよいし、水素浸入防止膜605Bを設ける位置は、図24に示すように読み出し電極604Aと上層膜との間に設ける場合に限らず、場所によってはゲート絶縁膜の直上等であってもよい。

図25Aと図25Bは導波路内に入射した光の反射経路を示す説明図である。図25Aは第1導波路609Aに入射した光の様子を示し、図25Bは第2導波路609Bに入射した光の様子を示している。

まず、第1導波路609A（プラズマ窒化シリコン膜）の屈折率は $n = 2.0$ であり、第2導波路609Bの屈折率は $n = 1.7$ であり、また、絶縁膜606の屈折率は $n = 1.4$ である。

このような屈折率の関係により、図25Aに示す第1導波路609Aの表面から入射し、そのまま第1導波路609Aと絶縁膜606との界面に到った光は、その入射角 $\theta_1$ 、すなわち、この入射角と界面との法線のなす角 $\theta_1$ が臨界角以上である場合に、入射光は界面で反射するようになっている。

同様に第1導波路609Aと第2導波路609Bとの界面に到った光が両媒体の臨界角 $\theta_2$ 以上である場合に全反射する。

ここで、 $\theta_1$ と $\theta_2$ を比較した場合に、次式(1)で表されるスネルの法則が成り立つ。

$$n_a \cdot \sin \theta_a = n_b \cdot \sin \theta_b \quad \dots\dots (1)$$

ただし、 $n_a$ は媒体aの屈折率、 $\sin \theta_a$ は媒体aの屈折角、 $n_b$ は媒体bの屈折率、 $\sin \theta_b$ は媒体bの屈折角である。また、例えば $n_a > n_b$ のとき、 $\theta_b$ が $90^\circ$ を超えるときの $\theta_a$ が臨界角となる。

したがって、屈折率の関係から $\theta_2$ のほうが大きいため、第1導波路609Aから入射した光は入射角が $\theta_2$ 以上であれば絶縁膜606およ

び第2導波路609Bの界面において全反射し、フォトダイオード601に入射する。

また、図25Bに示すように、第2導波路609Bより入射した光は第1導波路609Aとの界面において屈折し、第1導波路609A中を進み、第1導波路609Aと絶縁膜606の界面で全反射し、第1導波路609Aを経由して第2導波路609Bに入り、さらに対向側の第1導波路609Aとの界面において屈折し、対向側の第1導波路609Aと絶縁膜606の界面で全反射し、これを繰り返してフォトダイオード601に入射する。

- 10      このような光の伝播の条件としては、スネルの法則から第1導波路609Aの屈折率が第2導波路609Bの屈折率より高く、かつ第2導波路609Bと絶縁膜606との臨界角 $\theta_3$ 以上の入射角が必要となる。

#### <実施例9>

- 15      次に、本発明の第9の実施例（以下「実施例9」という）である固体撮像素子の製造方法について説明する。

図26A～図26Fは、実施例9における各製造工程を示す断面図である。

- 20      まず、図26Aにおいて、従来と同様の工程で、基体620にフォトダイオード601や読み出しゲート604等の各素子を形成し、さらに基体620の上にゲート絶縁膜602、読み出し電極604A、下層の絶縁膜621等を形成する。

- 25      そして、その上層全面にエッチングストップ膜605A及び水素浸入防止膜605Bとなる窒化シリコン膜605を形成する。なお、この窒化シリコン膜605は、孔形成時のエッチング選択比を考慮して減圧CVDによる窒化シリコン膜を使用する。

次に、図26Bにおいて、従来と同様の工程で、上層膜（絶縁膜60

6、導電プラグ607、配線608等)を形成する。なお、この際、窒化シリコン膜605の不要部を例えば導電プラグ607用コンタクトホール形成工程のドライエッチング等によって選択的に除去し、エッチングストップ膜605Aと水素浸入防止膜605Bを形成する。なお、この窒化シリコン膜605のエッチングに際しては、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ 、 $\text{CHF}_3$ 等の水素含有有機系ガスを使用する。

そして、上層膜にエッチングによって孔606Aを形成する。この際、上層膜上にレジストパターンニングを施し、エッチングストップ膜605Aをストップとした異方性ドライエッチングによって開口作業を行い、その後、レジストを除去し、エッチングストップ膜605Aの導波路に対応する部分を除去し、この部分のゲート絶縁膜602を露呈させる。

次に、図26Cに示すように、上層膜(絶縁膜606)の上面にプラズマCVDを施すことにより、プラズマ窒化シリコン膜609aを形成し、プラズマ窒化シリコンの一部を孔606A内に埋め込み、第1導波路609Aとなる部分を形成する。そして、この段階で水素雰囲気中でアニール処理を施す。これは、例えば400℃で60分間を行う。これにより、水素をフォトダイオード601に供給する。

次に、図26Dに示すように、プラズマ窒化シリコン膜609aの上からポリイミド膜609bを塗布し、プラズマ窒化シリコン膜609aの空洞部にポリイミドの第2導波路609Bとなる部分を埋め込む。これは3000rpm、30秒間のスピコートで塗布する。

次に、下地(酸化膜、窒化膜)との接着力を確保するため、窒素または空気雰囲気中で硬化処理を施す。これは、例えば300℃から350℃で60分間を行う。

次に、図26Eに示すように、上層膜(絶縁膜606)の上面に残ったプラズマ窒化シリコン膜609aとポリイミド膜609bをダウンフ

ロープラズマエッチングにより除去し、上層膜（絶縁膜 606）の上面までエッチバック処理してグローバル平坦化処理を施す。なお、ポリイミド膜 609b にはフッ素系ガスを用い、プラズマ窒化シリコン膜 609a には  $\text{CHF}_3$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{O}_2$  ガスを用いる。

- 5      この後、図 26F に示すように、従来と同様の工程で、パッシベーション膜 610、平坦化膜 611、カラーフィルタ 612、オンチップレンズ 613 を順次形成し、固体撮像素子を完成する。

以上のような本例の固体撮像素子及びその製造方法では、以下のような効果を得ることができる。

- 10      (1) 導波路を構成する第 2 導波路にポリイミド系樹脂を使用することにより、導波路の埋込み性を向上でき、集光性の向上、感度特性バラツキの低減を図ることができる。特に、多層配線構造を有する固体撮像素子においては、多層配線化、多画素化に伴い、導波路のアスペクト比が高くなるため、より顕著な効果を得ることができる。

- 15      (2) 第 2 導波路にポリイミド系樹脂を使用しても、第 1 導波路としてプラズマ窒化シリコン膜を使用し、水素アニールを施すことによってポリイミドからの金属拡散による白点増加を抑制できる。

- 20      (3) 第 1 導波路となるプラズマ窒化シリコン膜の水素アニールによる水素供給効果に対し、トランジスタ領域上においては孔形成用のエッチストップ膜で用いる LP-窒化シリコン膜によって水素が吸収され、下層のトランジスタを保護できるため、トランジスタの信頼性（ホットキャリア耐性）の劣化を防止できる。

#### 産業上の利用可能性

- 25      本発明に係る固体撮像素子およびその製造方法によれば、導波路が順テーパ形状部を有している。すなわち、導波路を形成するための開口



部が、平面形状の大きさが光の入射側の面から受光部側に向けて小さくなる順テーパ形状を有したものとなっている。したがって、導波路を構成する光透過性材料の埋め込み性を改善して、受光部への集光効率の向上を図ることができ、また配線削れの発生を抑制して、固体撮像素子の信頼性を確保することができる。

また、本発明の固体撮像素子によれば、高屈折率層が良好に埋め込まれてなる孔を構成することができるので、従来と比較して孔内での高屈折率層の埋め込み性、被覆性等が大幅に改善されて、信頼性の向上された固体撮像素子を提供することができる。

さらに、接続部にて不要な反射や屈折が生じることがないので、入射光を漏れることなく受光部内へと導くことができ、従来と比較して集光効率、感度特性がさらに向上された固体撮像素子を提供することができる。

また、孔の複数の層のうち、少なくとも1つの層の側壁をテーパ形状とした場合は、入射光を孔内に入り易くすることができ、集光効率がさらに向上される。

さらにまた、本発明の固体撮像素子の製造方法によれば、各開口部の深さを浅くして高屈折率層をそれぞれ良好に埋め込むことが可能となる。これにより高い集光効率を有する固体撮像素子を製造することができる。

また、上の開口部の下部径を、前の工程で形成した下の開口部の上部径よりも小さく形成する場合には、不要な反射や屈折を生じる段差部が形成されないため、集光効率、感度特性が向上された固体撮像素子を製造することができる。

さらに、少なくとも1つの開口部の側壁をテーパ形状に形成する場合は、孔内へ光を取り込み易くなるため、さらに集光効率を向上させることができる。

さらにまた、本発明の固体撮像素子及びその製造方法によれば、導波路に設けられる第1の高屈折率材に含有された水素を光電変換部側に放出させることにより、水素を含有した光電変換部とすることで、導波路から光電変換部への金属拡散による白点増加を抑制でき、画質の向上を

5 図ることができる効果がある。

また、導波路の孔の形成に用いるエッチングストップ膜を光電変換部の受光領域以外の領域にも残すことで、光電変換部以外の領域への水素の浸入を防止でき、トランジスタ等の特性劣化を防止することができる効果がある。

## 請 求 の 範 囲

1. 基体内に形成され入射光を受けて電荷を生成する複数の受光部と、  
前記基体上に形成された所定の要素を覆って平坦化する平坦化層と、  
5 前記平坦化層上に形成された複数の信号線と、  
前記複数の信号線の間を通して入射光を前記受光部へ導く導波路と  
を有することを特徴とする固体撮像装置。
2. 前記導波路は、前記基体上に形成された絶縁層をエッチングして  
設けた孔内に形成された光透過性材料から成るとともに、光入射方向か  
10 ら見た平面形状の大きさが当該光の入射側の面から前記受光部側に向け  
て小さくなるテーパ形状部を有していることを特徴とする請求項1記載  
の固体撮像装置。
3. 前記導波路の側面の一部は前記複数の信号線のうちの少なくとも  
1つの信号線の上面を覆っていることを特徴とする請求項2記載の固体  
15 撮像装置。
4. 前記テーパ形状部は前記受光部に隣接して形成された前記複数の  
信号線の配置に応じて形成されていることを特徴とする請求項2記載の  
固体撮像装置。
5. 前記導波路は、光の入射側から前記信号線の脇部にかけて該導波  
20 路の平面形状の大きさが徐々に小さくなるように傾斜する第1傾斜部と、  
第1傾斜部と異なる角度で傾斜する第2傾斜部または傾斜しない無  
傾斜部とを有することを特徴とする請求項1の固体撮像装置。
6. 前記第1傾斜部は、前記複数の信号線のうちの異なる高さに形成  
された少なくとも2つの信号線の位置関係に応じた傾斜角度を有してい  
25 ることを特徴とする請求項5記載の固体撮像装置。
7. 前記複数の信号線の少なくとも1つの信号線はその端部が前記受

光部の上方に張り出すように形成されていることを特徴とする請求項 5 記載の固体撮像装置。

8. 前記導波路は第 1 側面部と第 2 側面部とを有し、

前記第 1 側面部は前記第 2 側面部と異なる形状に形成されていることを  
5 特徴とする請求項 1 記載の固体撮像装置。

9. 前記第 1 側面部は傾斜角度の異なる複数の傾斜部を含むことを特徴とする請求項 8 記載の固体撮像装置。

10. 前記複数の傾斜部のうちの少なくとも 1 つは、前記複数の信号線のうちの異なる高さに形成された少なくとも 2 つの信号線の位置関係  
10 に応じた傾斜角度を有することを特徴とする請求項 9 記載の固体撮像装置。

11. 前記複数の信号線の少なくとも 1 つの信号線はその端部が前記受光部の上方に張り出すように形成されていることを特徴とする請求項 8 記載の固体撮像装置。

12. 受光部を備えた基体上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜の前記受光部に対応する箇所に開口部を形成する工程と、前記開口部に光透過性材料を埋め込んで導波路を形成する工程とを行って、前記導波路が外部からの入射光を前記受光部まで導くように構成された固体撮像素子を製造する固体撮像素子の製造方法において、  
15

前記開口部を形成する工程で、当該開口部を形成するためのフォトリソパターニングにおけるレジスト形状を順テーパ形状とし、エッチングによる開口部形成時に当該順テーパ形状を転写して、光の入射方向から見た平面形状の大きさが当該光の入射側の面から前記受光部側に向けて小さくなる順テーパ形状部を有した開口部を形成する  
20

ことを特徴とする固体撮像素子の製造方法。  
25

1 3. 受光部を備えた基体上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜の前記受光部に対応する箇所に開口部を形成する工程と、前記開口部に光透過性材料を埋め込んで導波路を形成する工程とを行って、前記導波路が外部からの入射光を前記受光部まで導くように構成された固体撮像

5 素子を製造する固体撮像素子の製造方法において、

前記開口部を形成する工程で、当該開口部を形成するためのエッチングプロセスにおけるエッチング条件を、等方性エッチングを抑制して順テーパ形状を形成するエッチング条件とし、光の入射方向から見た平面形状の大きさが当該光の入射側の面から前記受光部側に向けて小さく

10 なる順テーパ形状部を有した開口部を形成する

ことを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

1 4. 前記導波路は径の異なる複数の層により構成され、

前記複数の層のうち互いに隣接する層において、下層の上部径より上層の下部径が小さく形成されてなる請求項 1 記載の固体撮像装置。

15 1 5. 前記複数の層のうち少なくとも 1 つの層の側壁がテーパ形状に形成されている請求項 1 4 記載の固体撮像装置。

1 6. 受光部上に、高屈折率層が低屈折率層中に埋め込まれてなる孔が設けられた固体撮像素子を製造する方法であって、

20 表面を覆って前記低屈折率層を形成し、前記低屈折率層に開口部を形成し、前記開口部に前記高屈折率層を埋め込む工程を複数回行うことにより、前記孔を形成する

ことを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

1 7. 複数の前記工程において、前の工程で形成する開口部の上部径よりも次の工程で形成する開口部の下部径を小さくすることを特徴とする請求項 1 6 記載の固体撮像素子の製造方法。

1 8. 複数の前記工程において形成する開口部のうち、少なくとも

1つの開口部の側壁をテーパ形状にすることを特徴とする請求項16記載の固体撮像素子の製造方法。

19. 前記導波路は相対的に低屈折率の絶縁膜をエッチングして形成した孔内に埋め込まれた相対的に高屈折率な光透過性膜から成り、

5 前記光透過性膜は少なくとも水素を含有する第1材料部を含み、  
前記受光部は水素雰囲気中の熱処理によって前記第1材料部から放出された水素を含有している請求項1記載の固体撮像装置。

20. 前記第1材料部はプラズマCVDによって形成された窒化シリコンである請求項19記載の固体撮像装置。

10 21. 前記受光部上のゲート絶縁膜の上面に、前記孔を形成するために設けられたエッチングストップ膜を有し、  
前記第1材料部は前記エッチングストップ膜の開口部を通じて前記ゲート絶縁膜に接触していることを特徴とする請求項19記載の固体撮像素装置。

15 22. 前記エッチングストップ膜は減圧CVDによって形成された窒化シリコンである請求項21記載の固体撮像装置。

23. 前記エッチングストップ膜は、少なくとも、前記受光部周辺の前記基体内に設けられたトランジスタ領域上まで延在している請求項21記載の固体撮像装置。

20 24. 前記第1材料部は上端側に開口部を有し、  
前記開口部内に前記第1材料部より屈折率の小さい第2材料部を設けた請求項19記載の固体撮像装置。

25. 前記第2材料部は合成樹脂材料からなる請求項24記載の固体撮像装置。

25 26. 前記合成樹脂材料はポリイミド系樹脂である請求項25記載の固体撮像装置。

27. 半導体基板に形成された光電変換部と、前記半導体基板上にゲート絶縁膜を介して設けられた上層膜と、前記上層膜の上面から前記光電変換部の受光領域上のゲート絶縁膜にかけて形成された孔と、前記孔内に埋め込まれた導波路とを有する固体撮像素子の製造方法であって、

5 前記上層膜に形成した孔に、前記導波路の少なくとも一部となる水素を含有する第1の高屈折率材を埋め込む工程と、

前記第1の高屈折率材に水素雰囲気中の熱処理を施すことにより、前記第1の高屈折率材から光電変換部側に水素を放出させる工程と、

を有することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

10 28. 前記第1の高屈折率材を窒化シリコンのプラズマCVDによって形成することを特徴とする請求項27記載の固体撮像素子の製造方法。

29. 前記光電変換部及びゲート絶縁膜を形成した半導体基板上にエッチングストップ膜を形成する工程と、前記エッチングストップ膜上に前記上層膜を形成する工程と、前記上層膜にエッチングを施すことにより前記孔を形成する工程と、前記孔の底部に残ったエッチングストップ膜を除去する工程とを有することを特徴とする請求項27記載の固体撮像素子の製造方法。

30. 前記エッチングストップ膜を窒化シリコンの減圧CVDによって形成することを特徴とする請求項29記載の固体撮像素子の製造方法。

20 31. 前記エッチングストップ膜を形成する窒化シリコン膜を前記半導体基板の受光領域以外の領域に残すことを特徴とする請求項29記載の固体撮像素子の製造方法。

32. 前記受光領域以外の領域に残す窒化シリコン膜を、前記半導体基板に形成された複数のトランジスタのうちの少なくとも一部または全部のトランジスタを覆う領域に残すことを特徴とする請求項29記載の固体撮像素子の製造方法。

25

33. 前記受光領域以外の領域に残す窒化シリコン膜を、少なくとも前記光電変換部の近傍に配置されるトランジスタを覆う領域に残すことを特徴とする請求項32記載の固体撮像素子の製造方法。

34. 前記受光領域以外の領域に残す窒化シリコン膜を、前記トランジスタのゲート電極と前記ゲート電極の上層に配置される信号線との間に配置することを特徴とする請求項記載の固体撮像素子の製造方法。

35. 前記導波路の第1の高屈折率材には上端側に開口部が形成され、前記開口部内に第2の高屈折率材を配置する工程を有することを特徴とする請求項27記載の固体撮像素子の製造方法。

10 36. 前記第1の高屈折率材の屈折率が前記第2の高屈折率材の屈折率よりも高く、前記第2の高屈折率材の屈折率が前記上層膜の屈折率よりも高いことを特徴とする請求項35記載の固体撮像素子の製造方法。



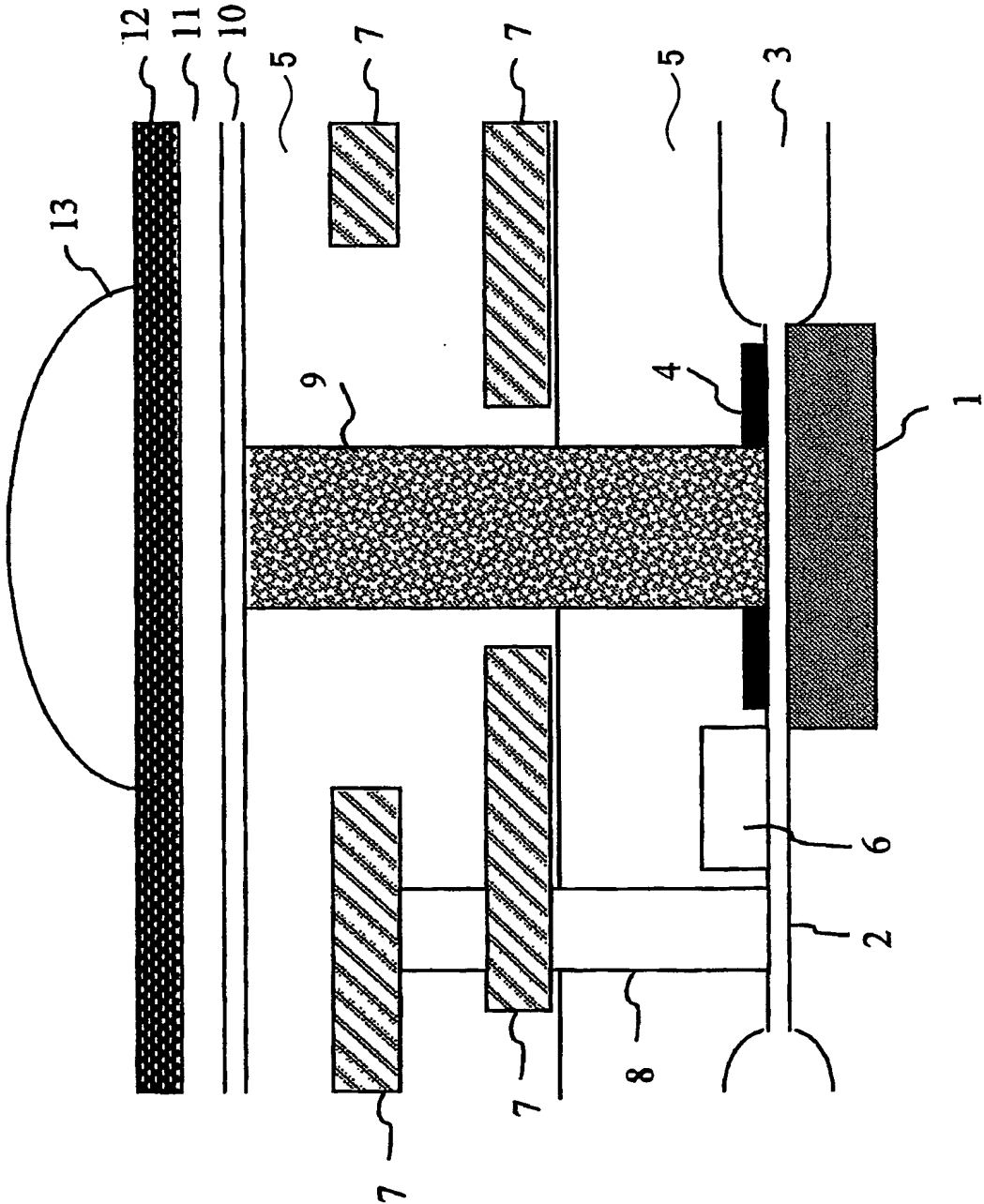


Fig.1

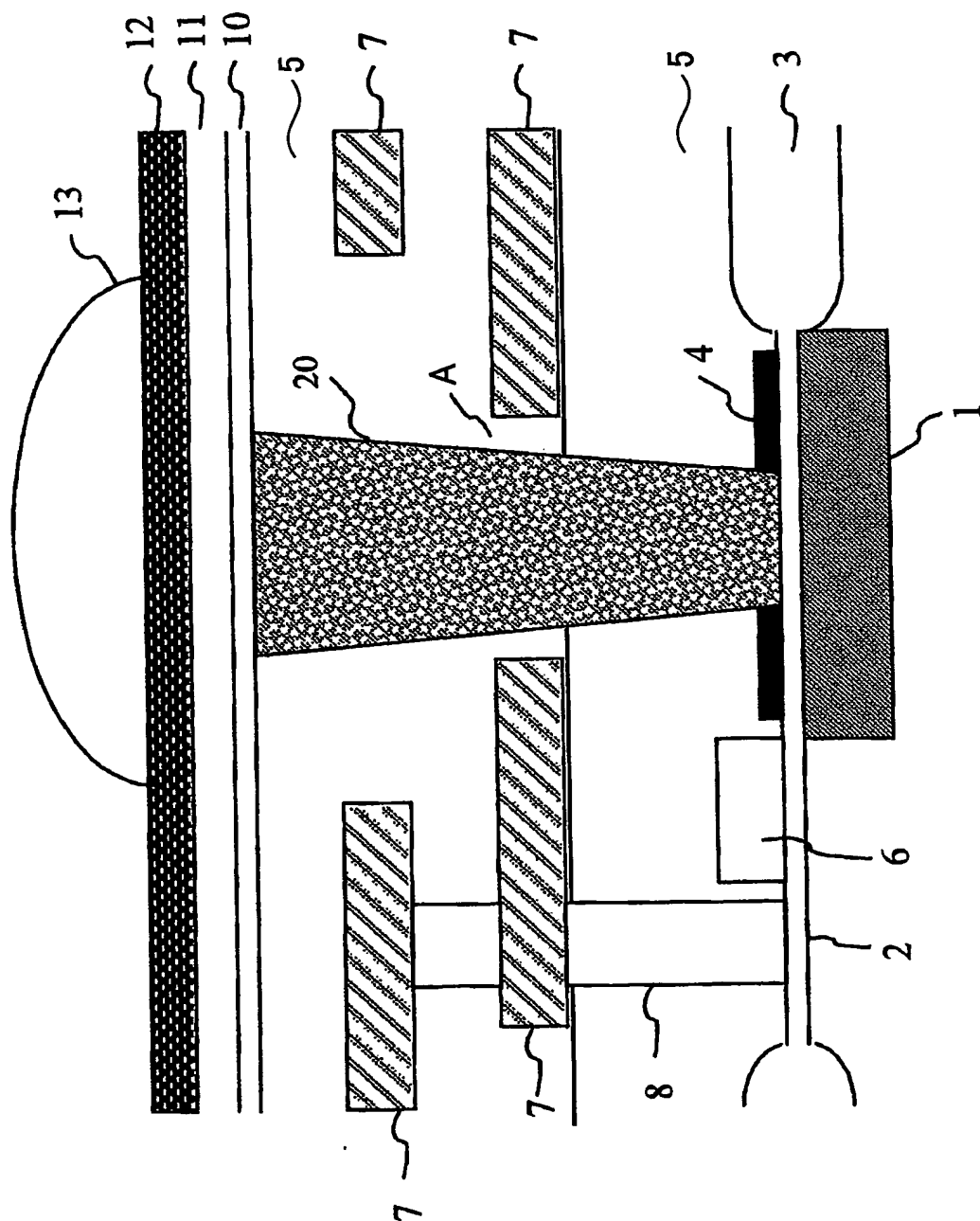


Fig. 2

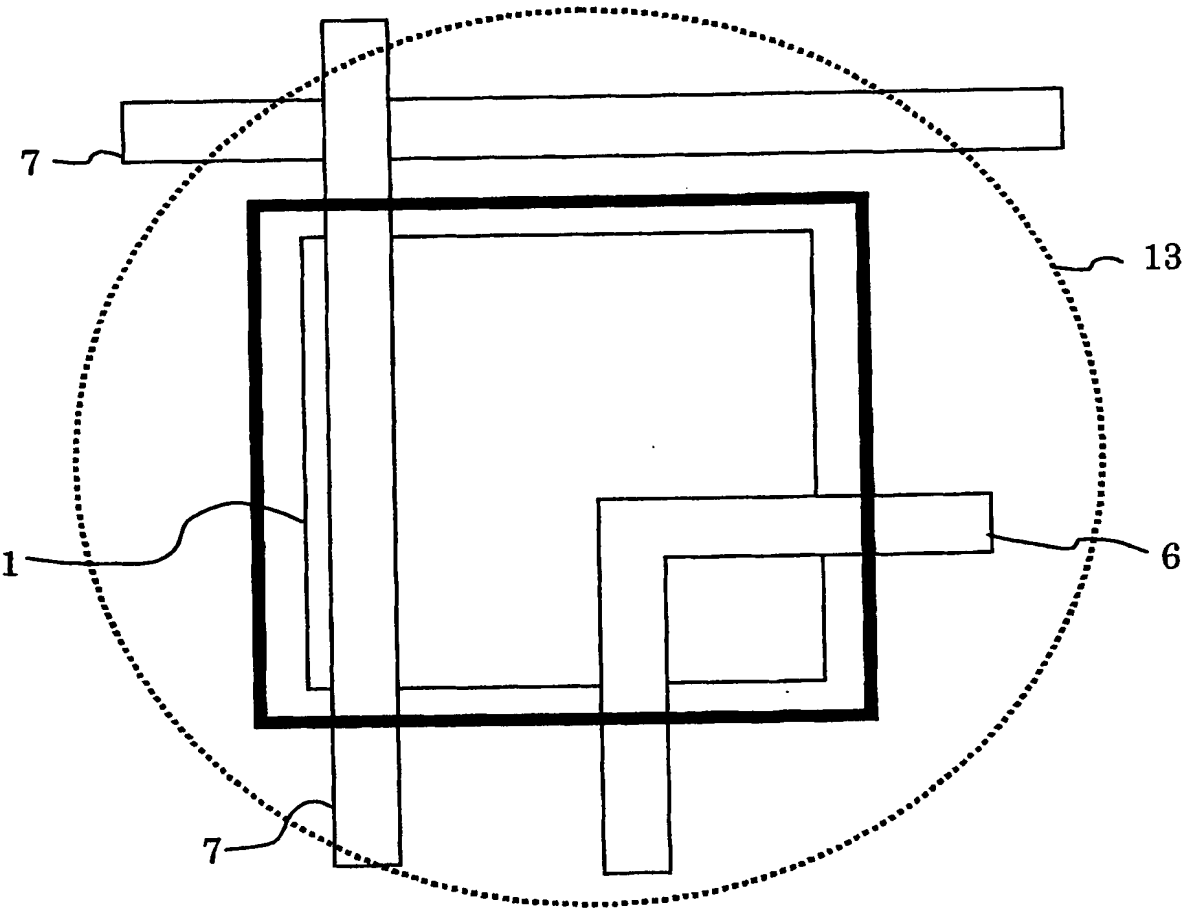


Fig.3

4/68

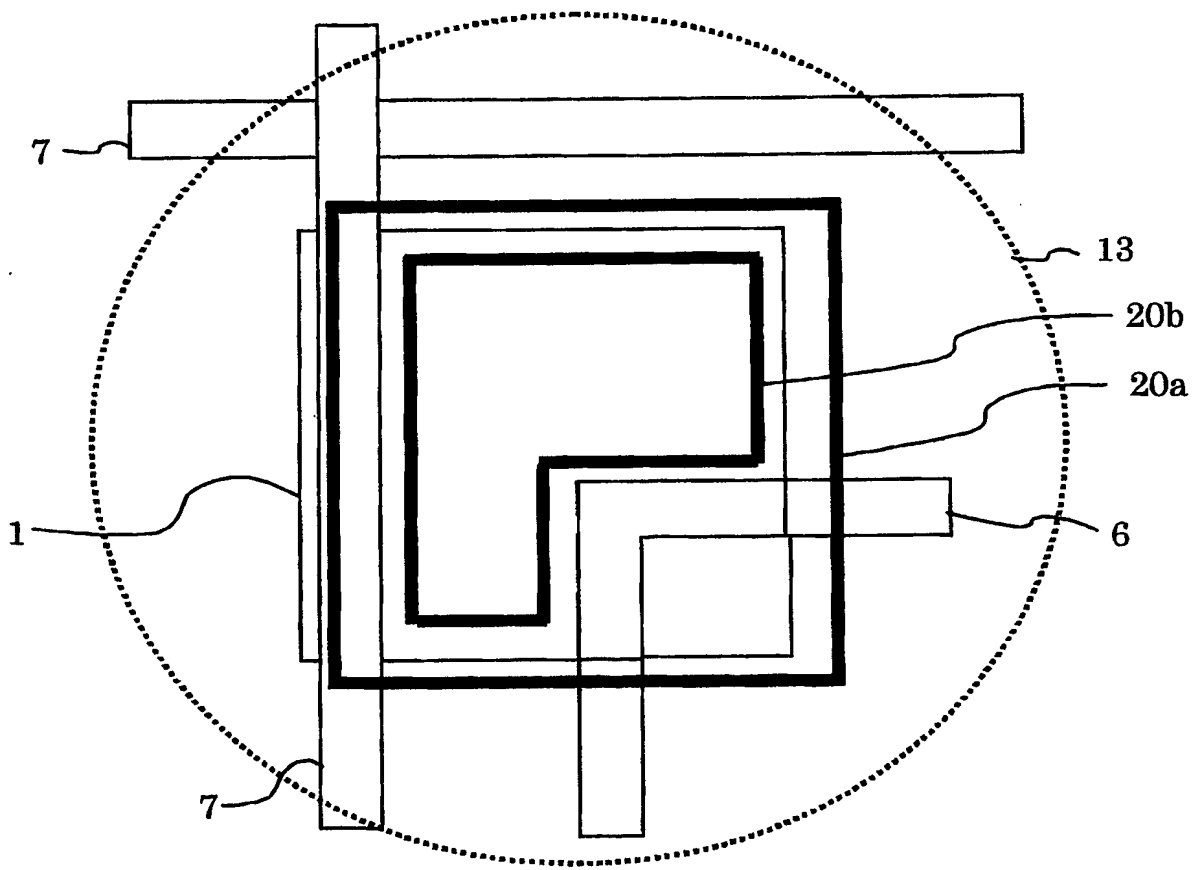


Fig.4

5/68

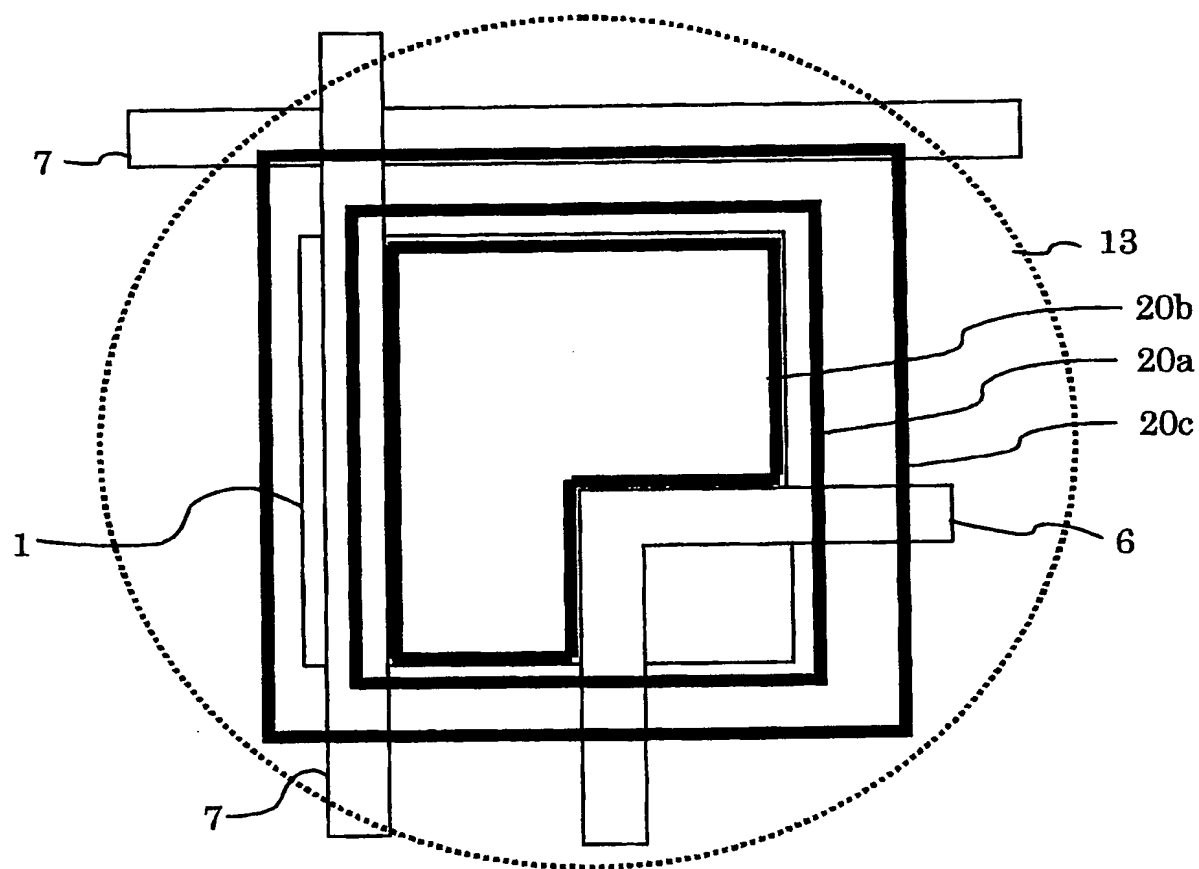


Fig.5

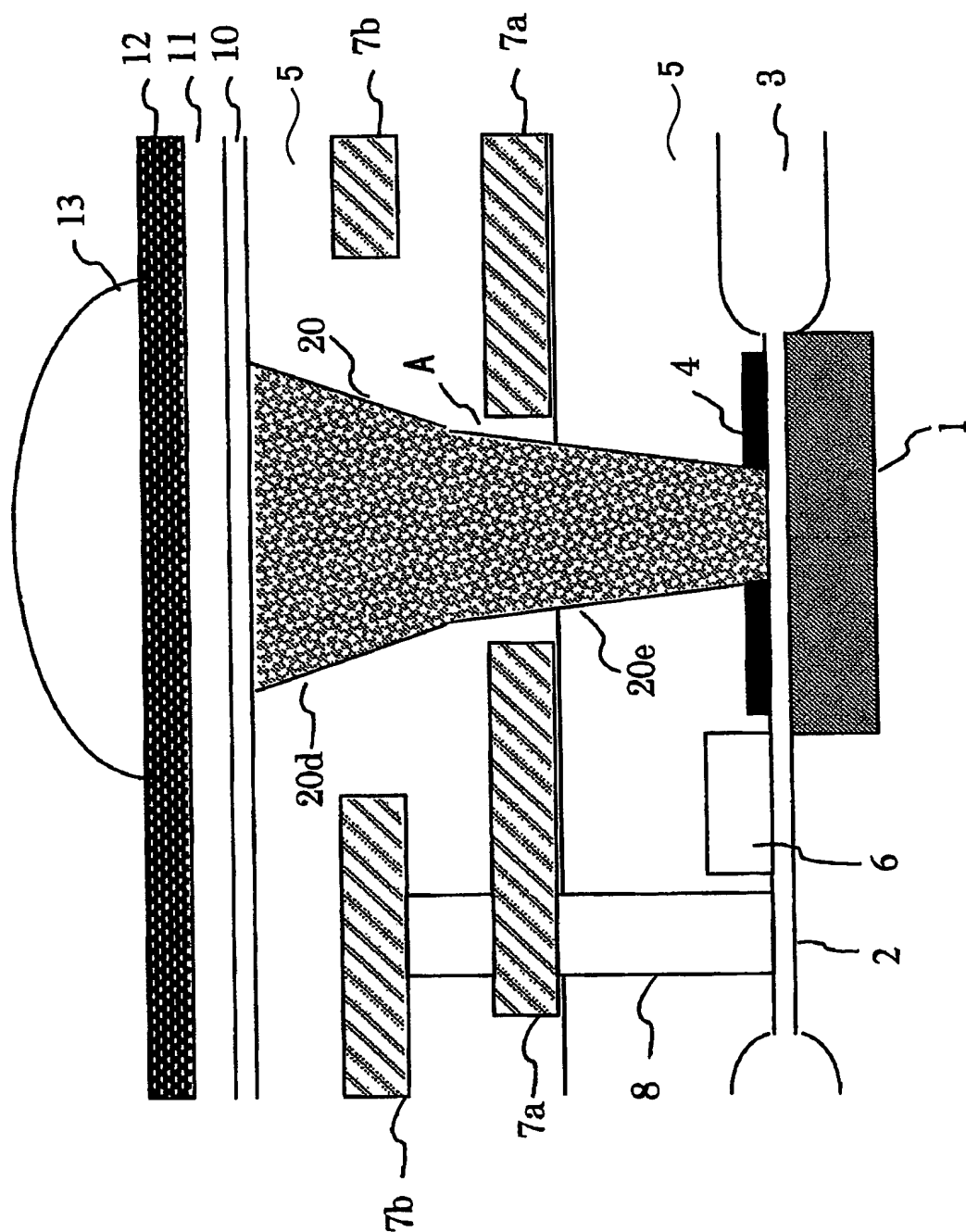


Fig. 6

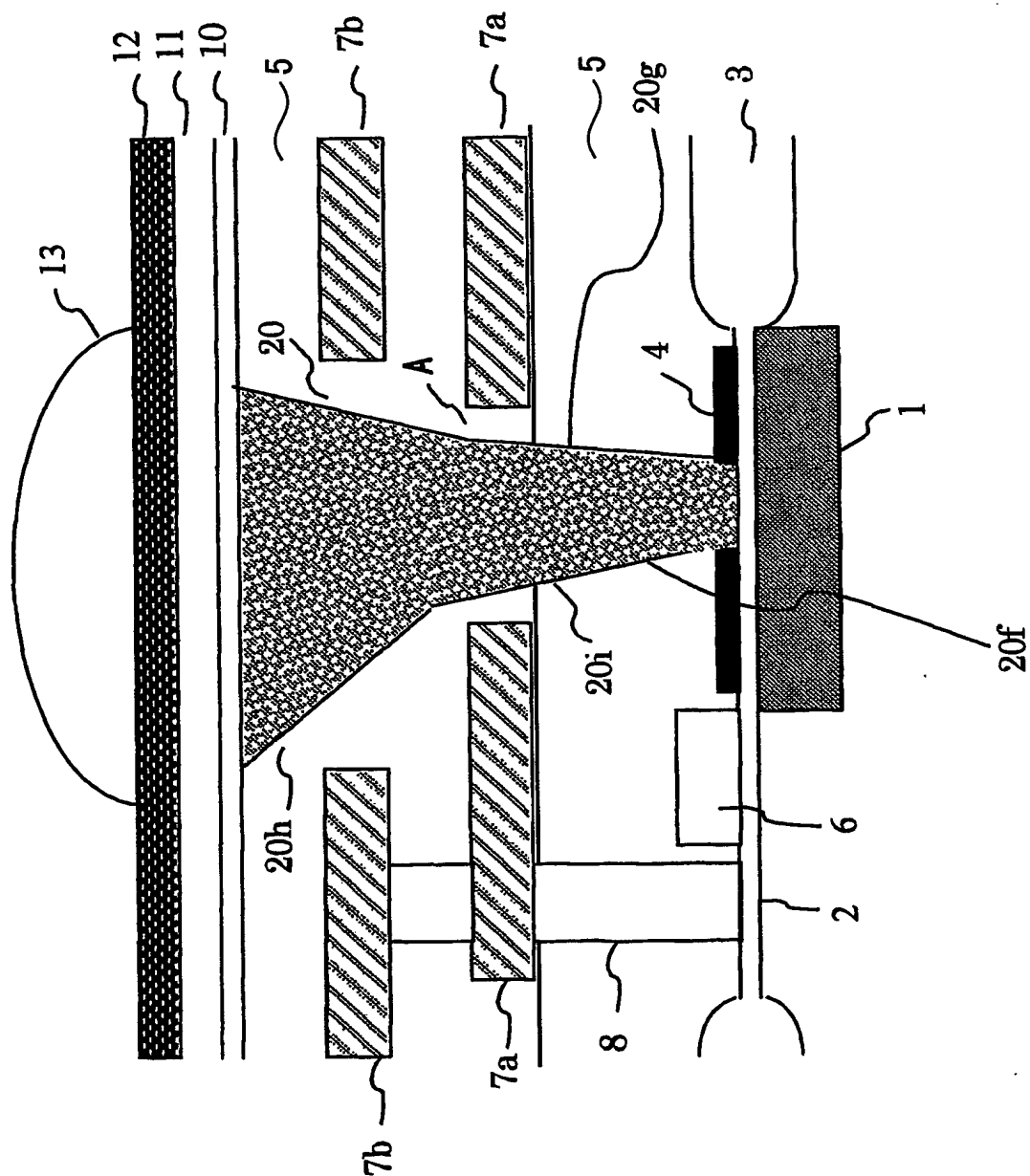


Fig. 7

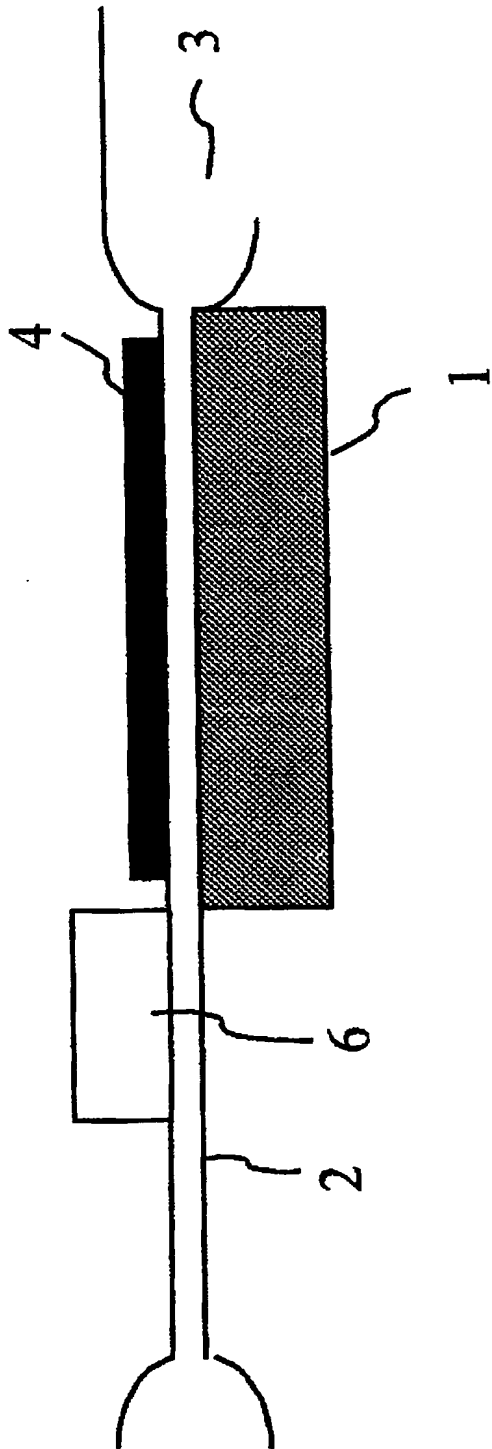


Fig.8



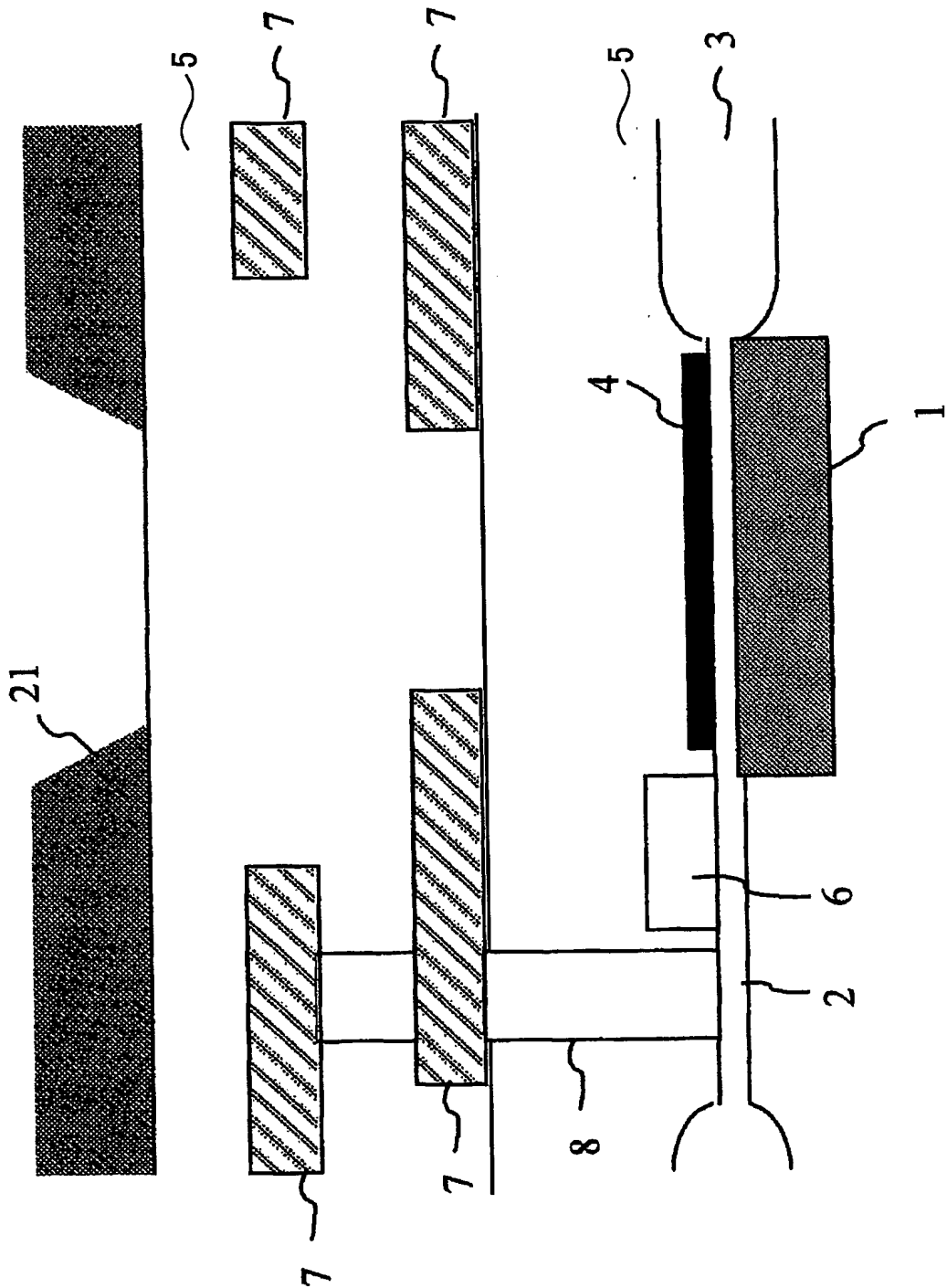


Fig.9

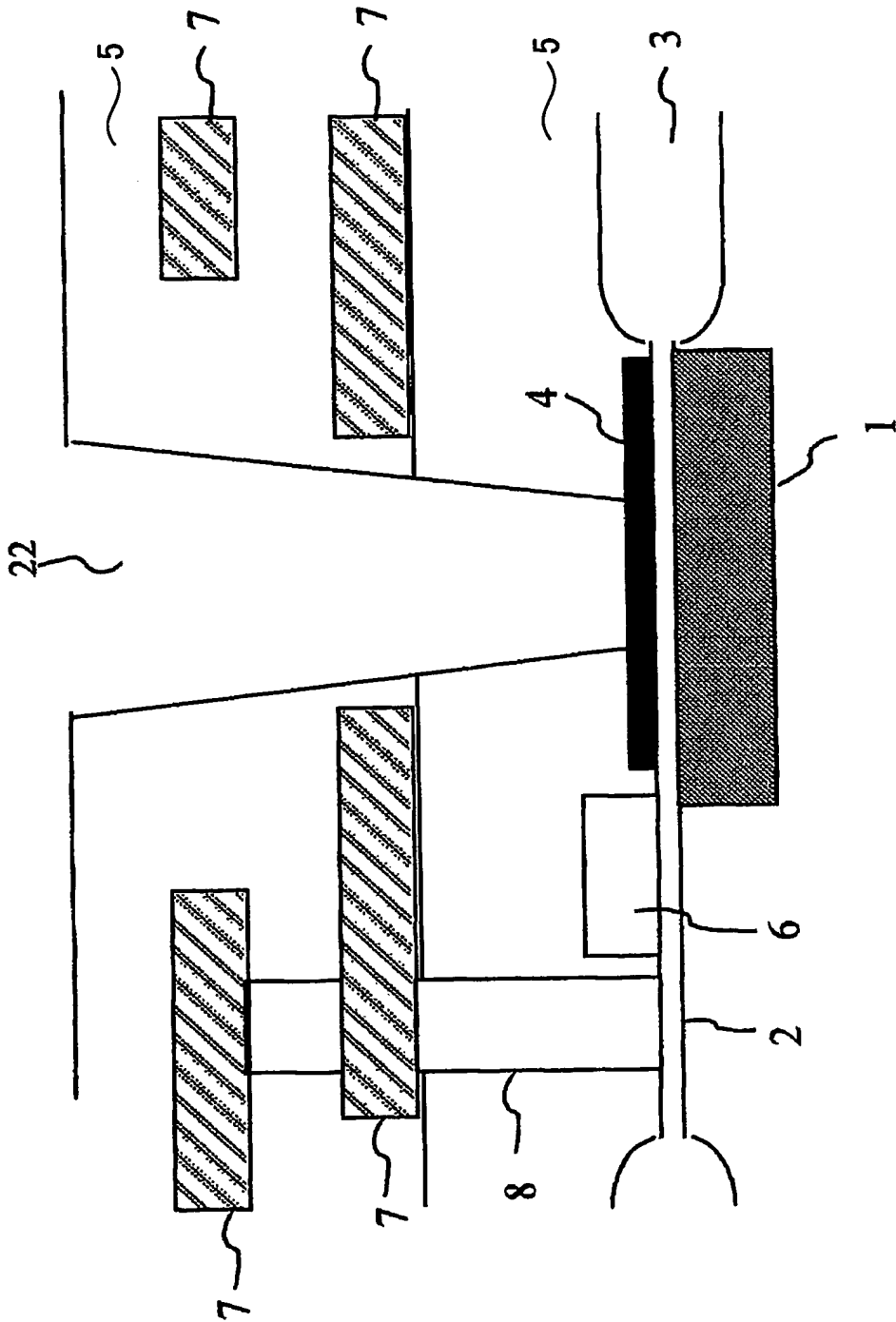


Fig.10

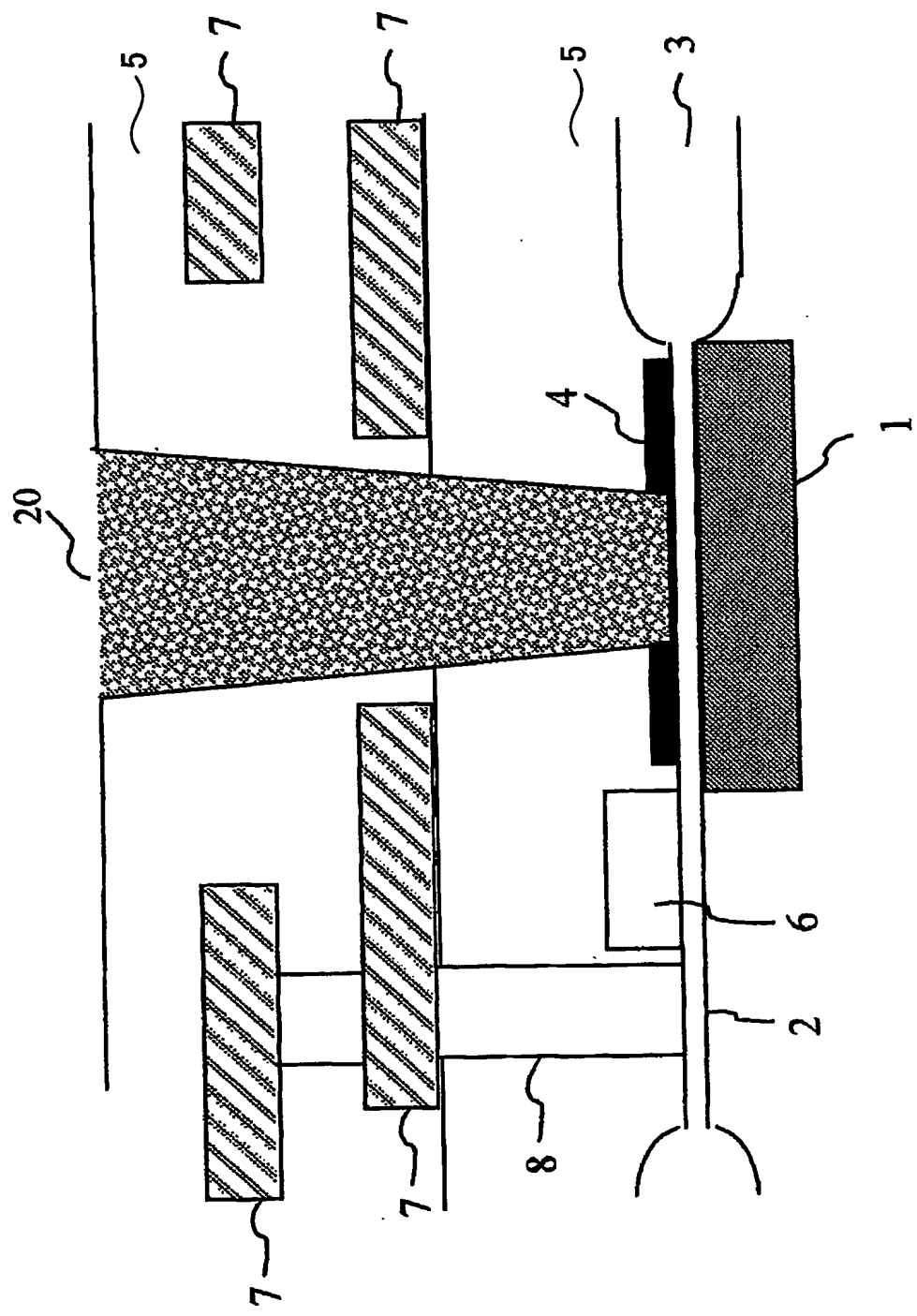


Fig.11

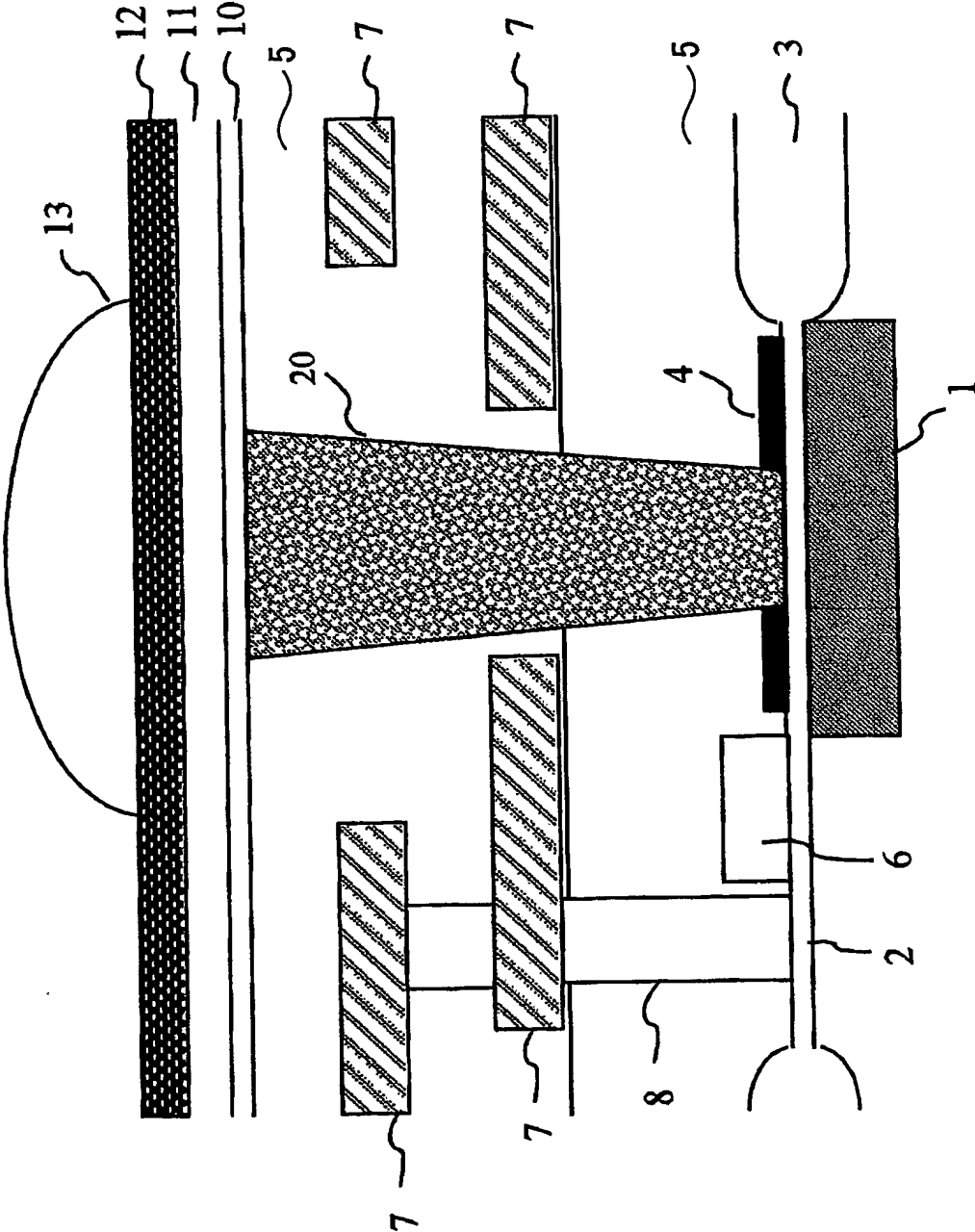


Fig.12

13/68

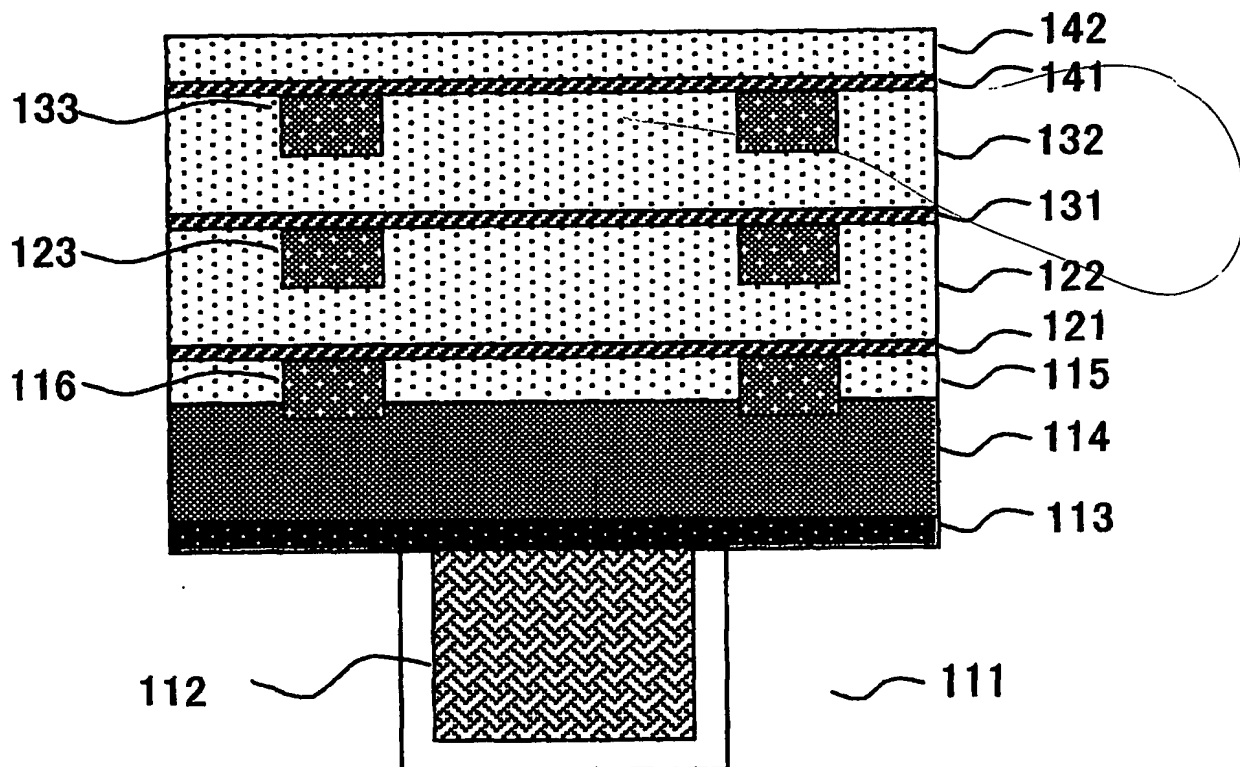


Fig.13A

14/68

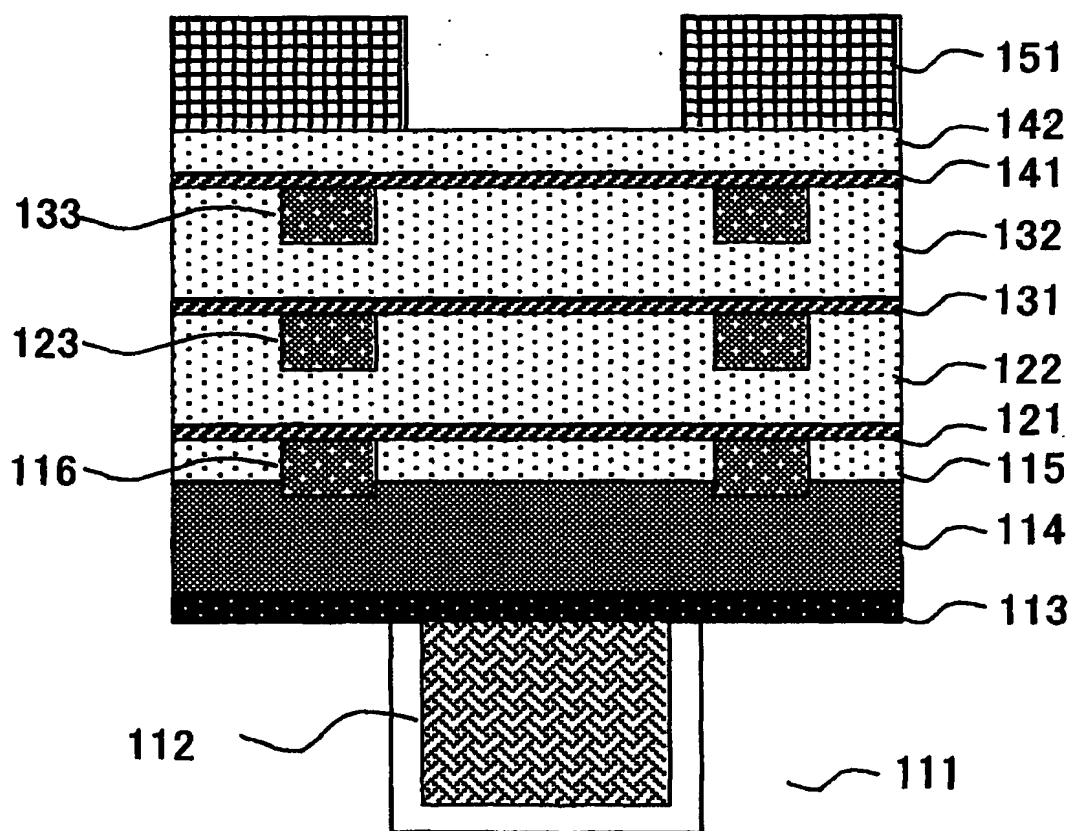


Fig.13B

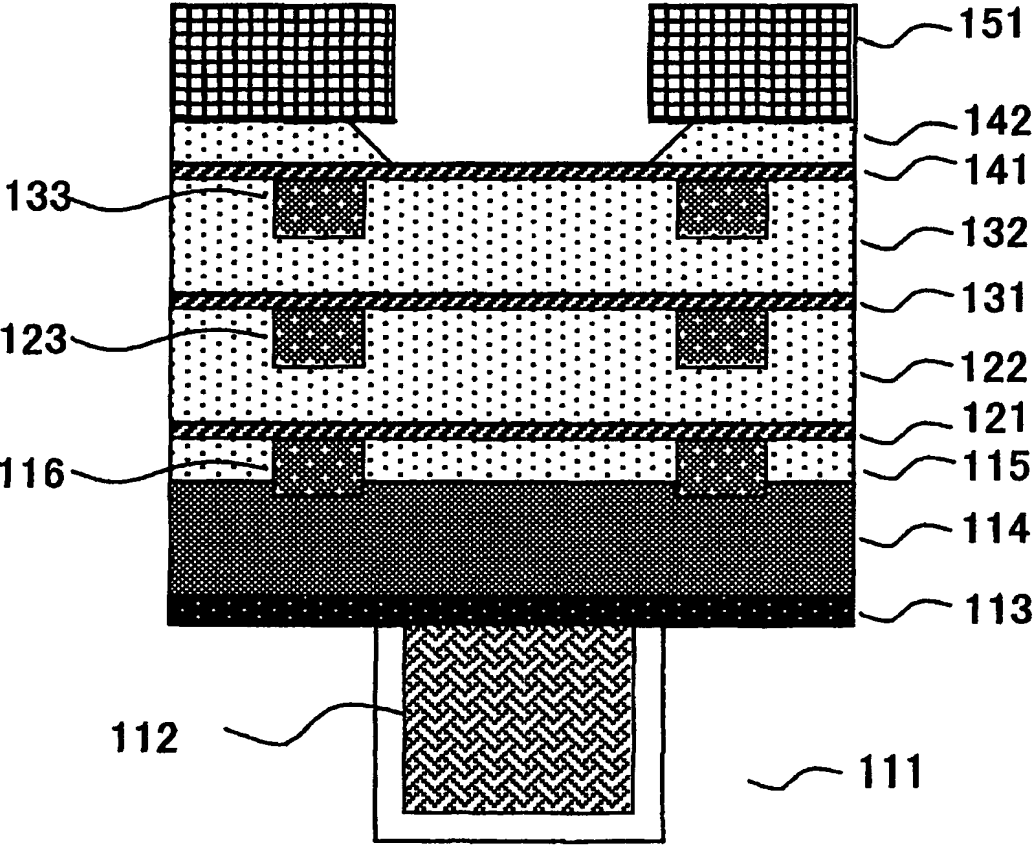


Fig.13C

16/68

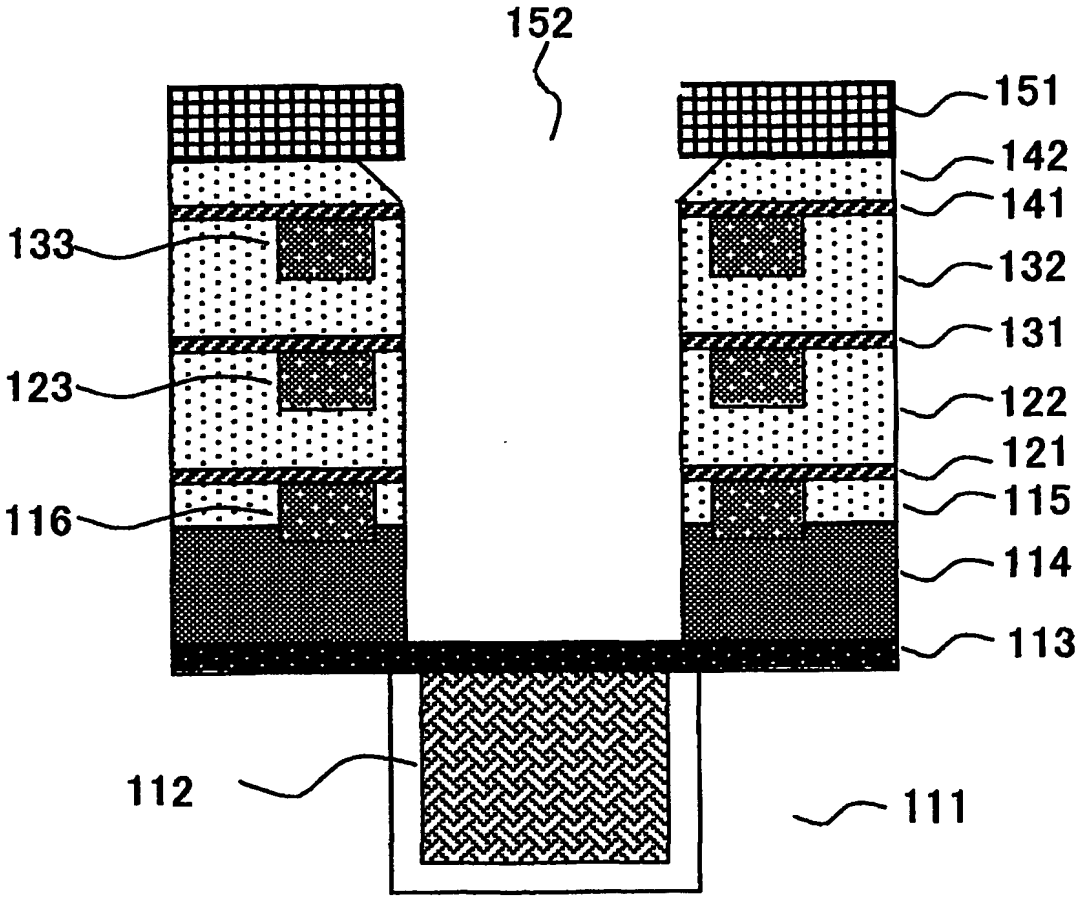


Fig.13D



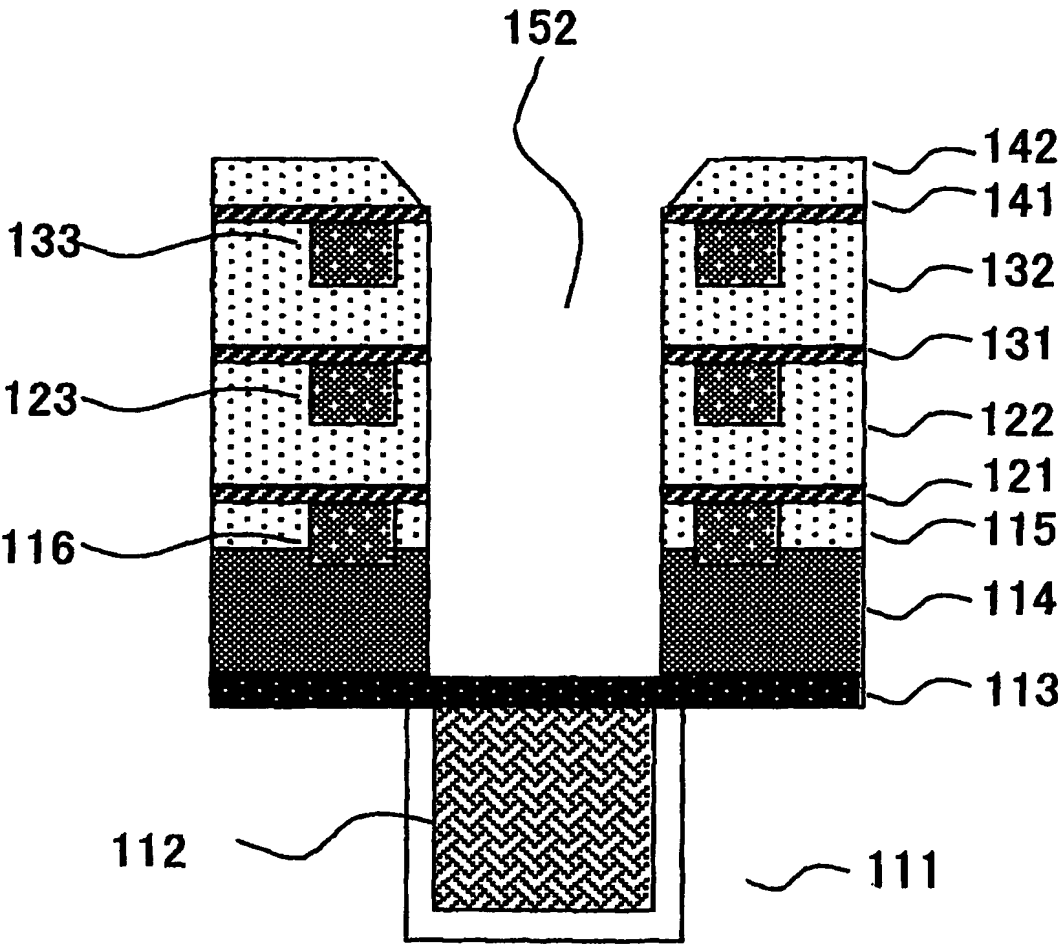


Fig.13E

18/68

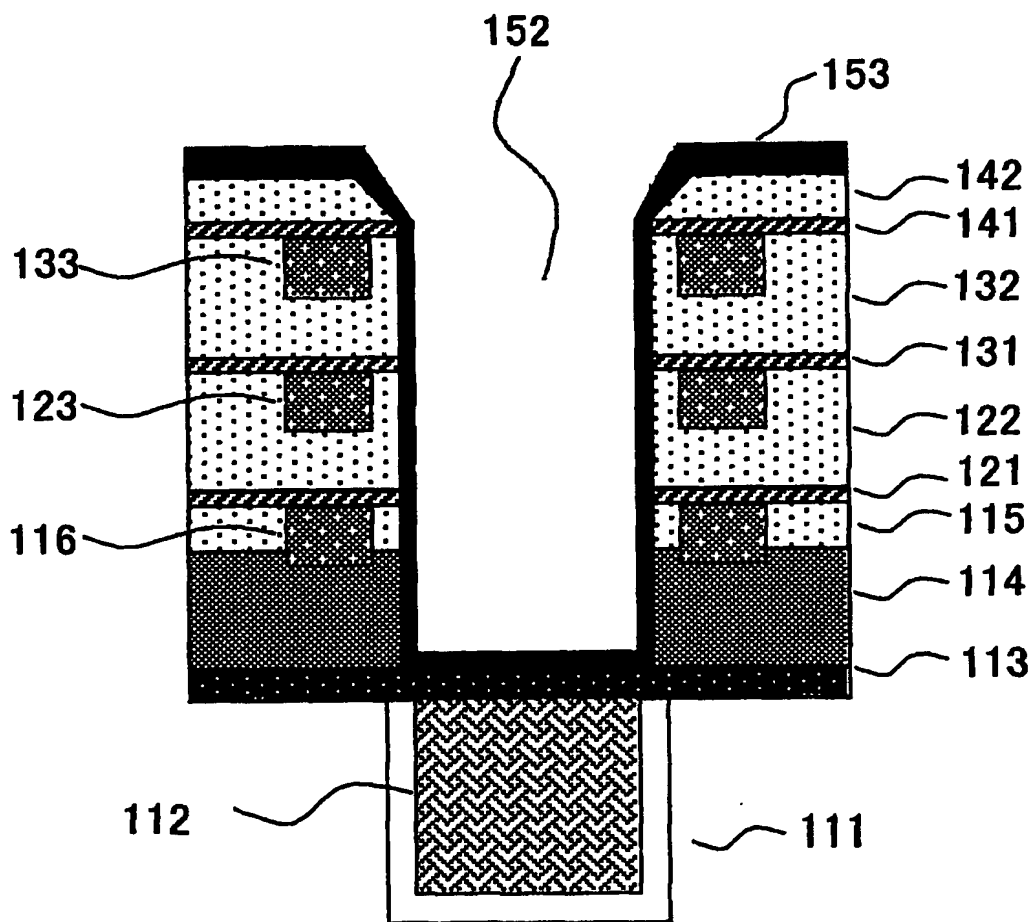


Fig.13F

19/68

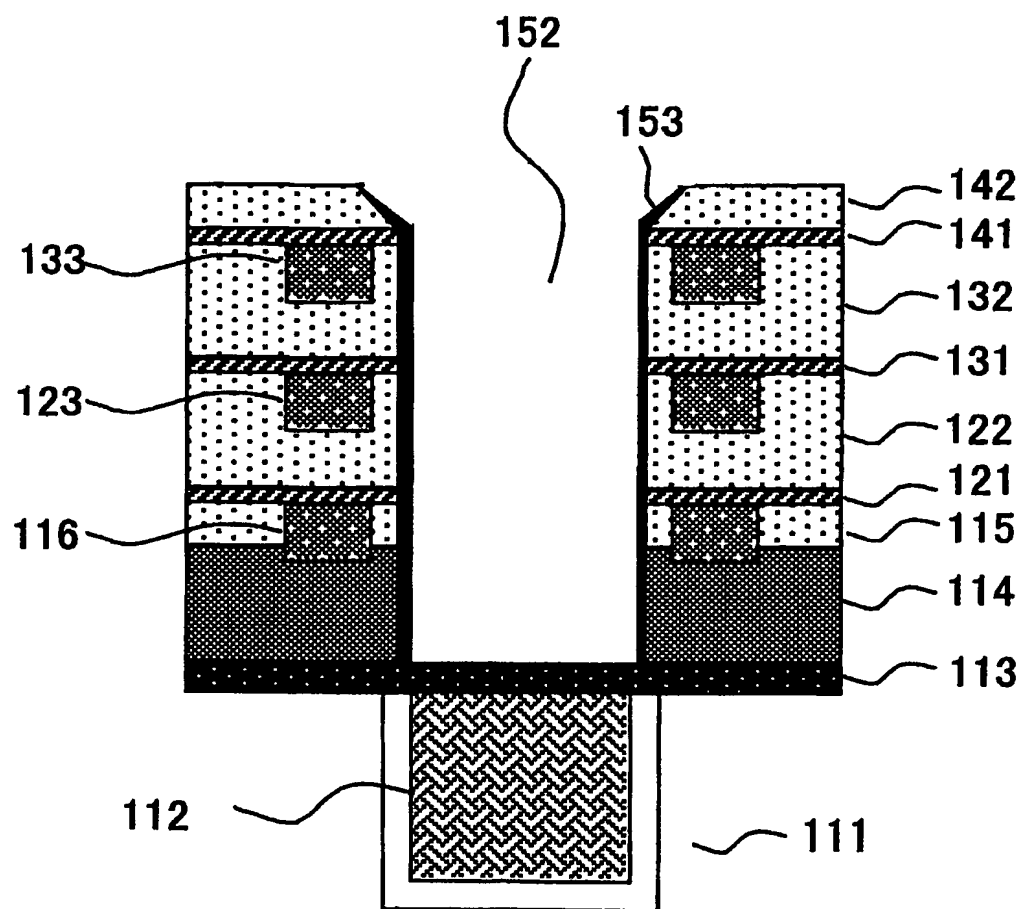


Fig.13G

20/68

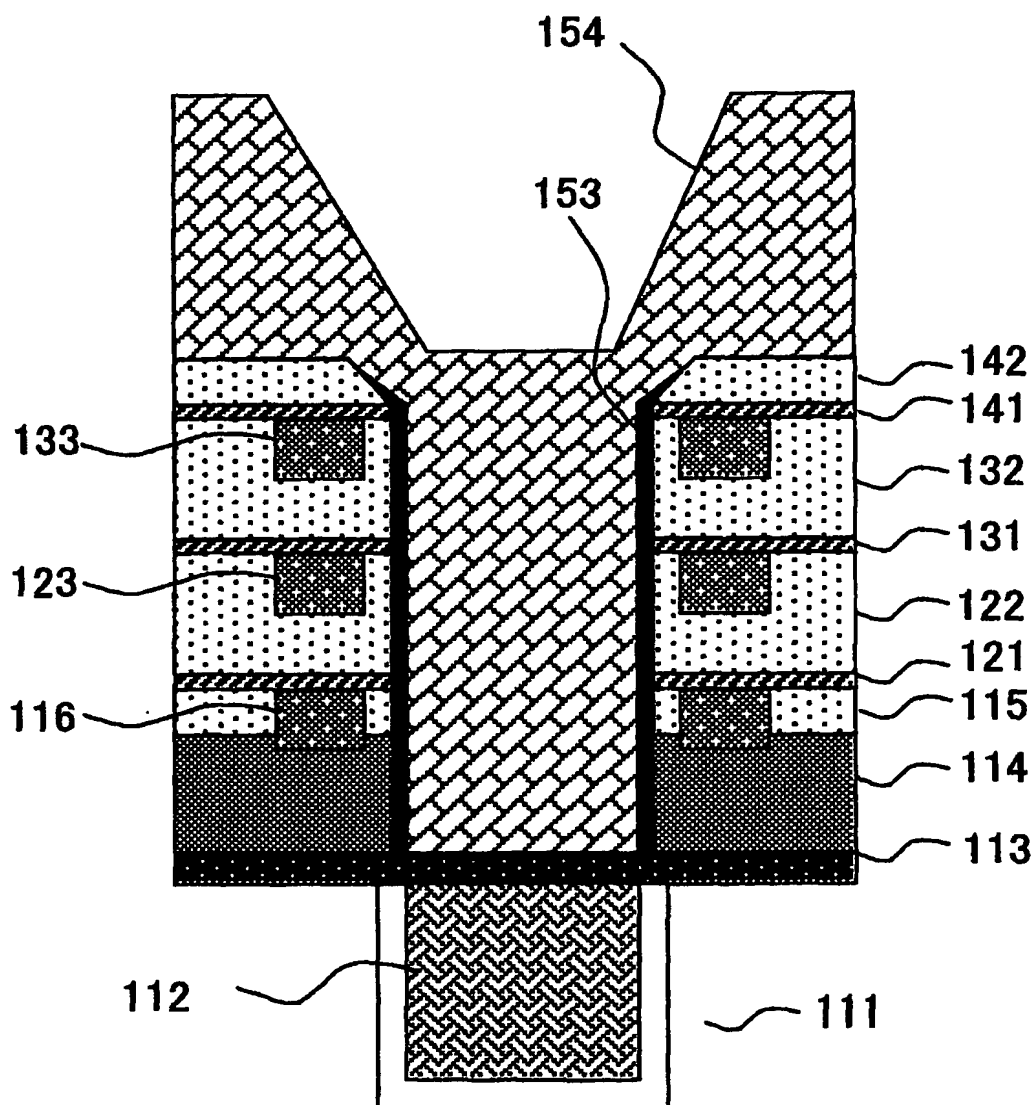


Fig.13H

21/68

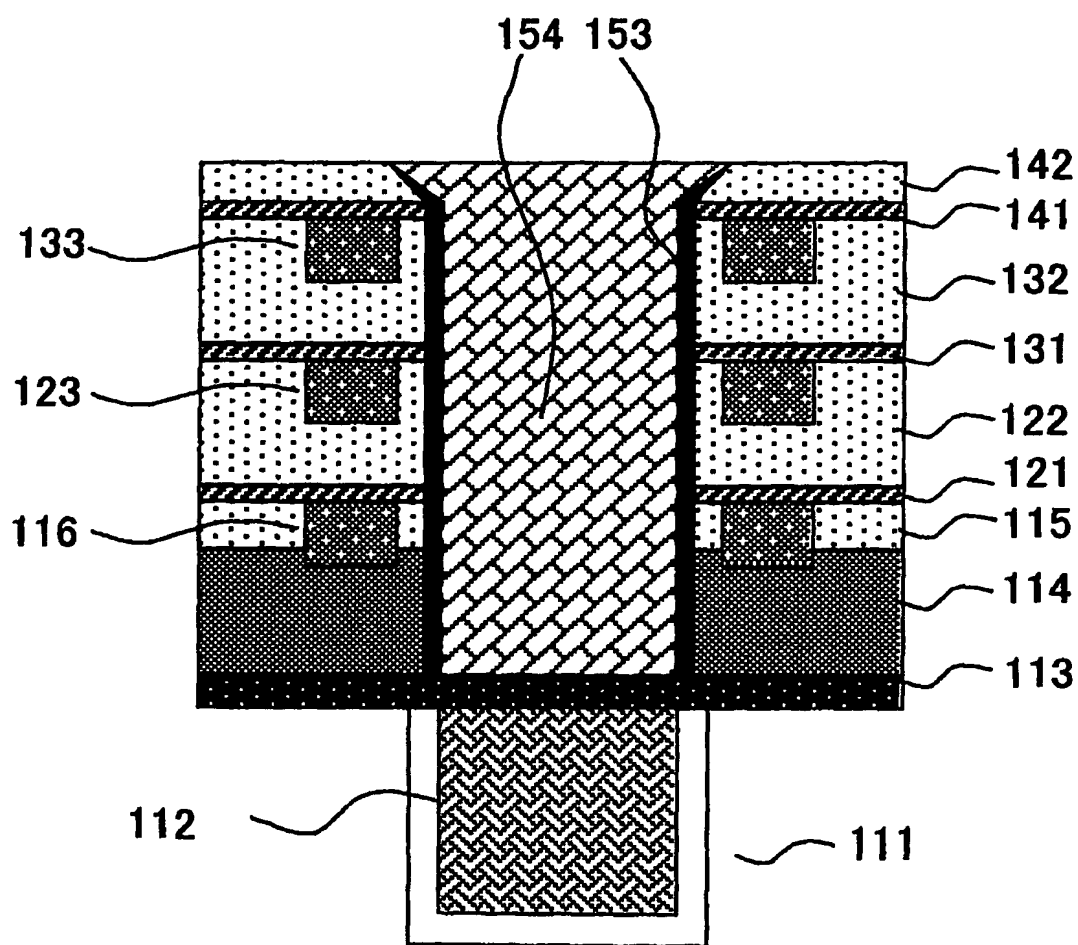


Fig.13I

22/68

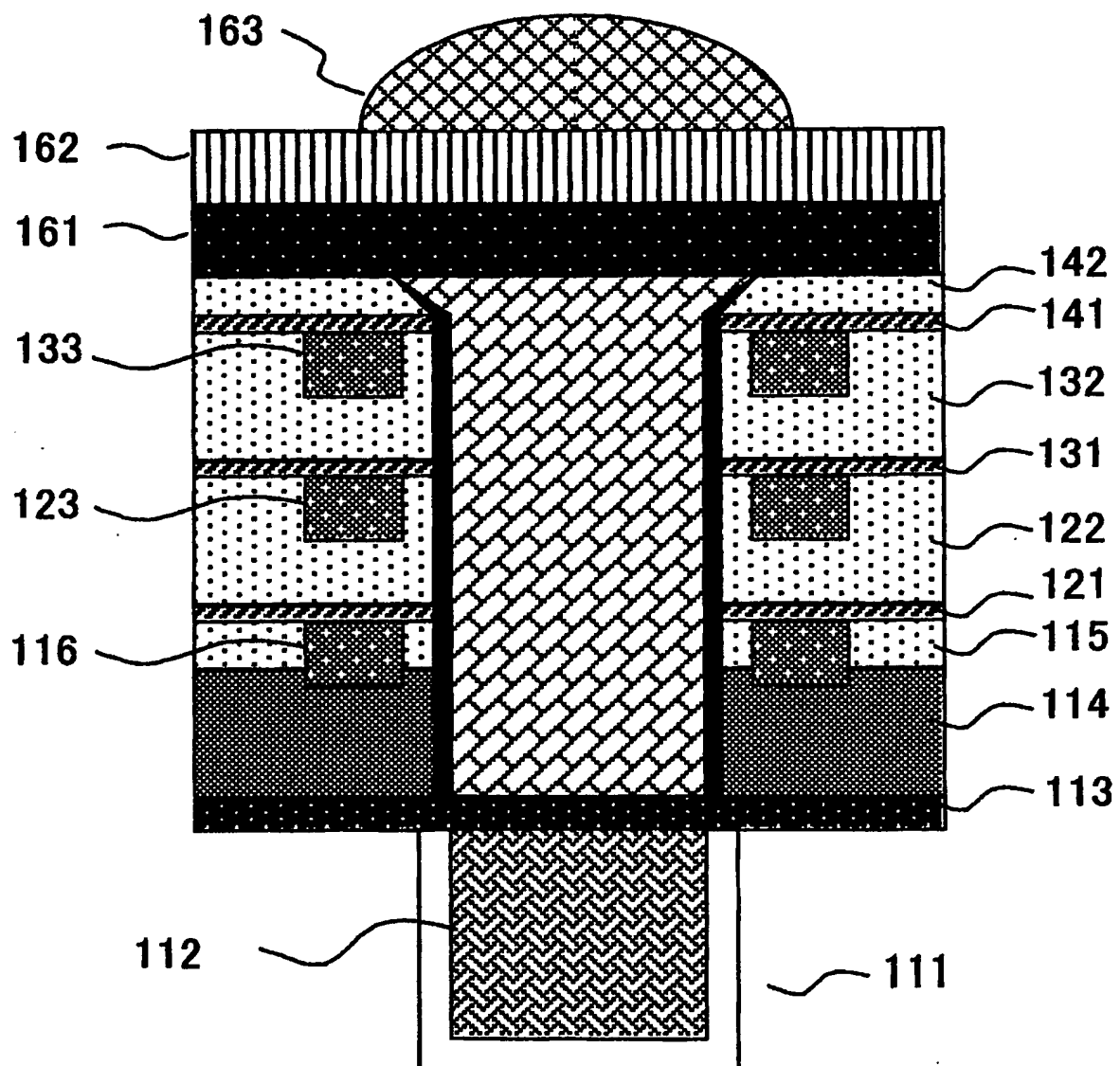


Fig.13J

23/68

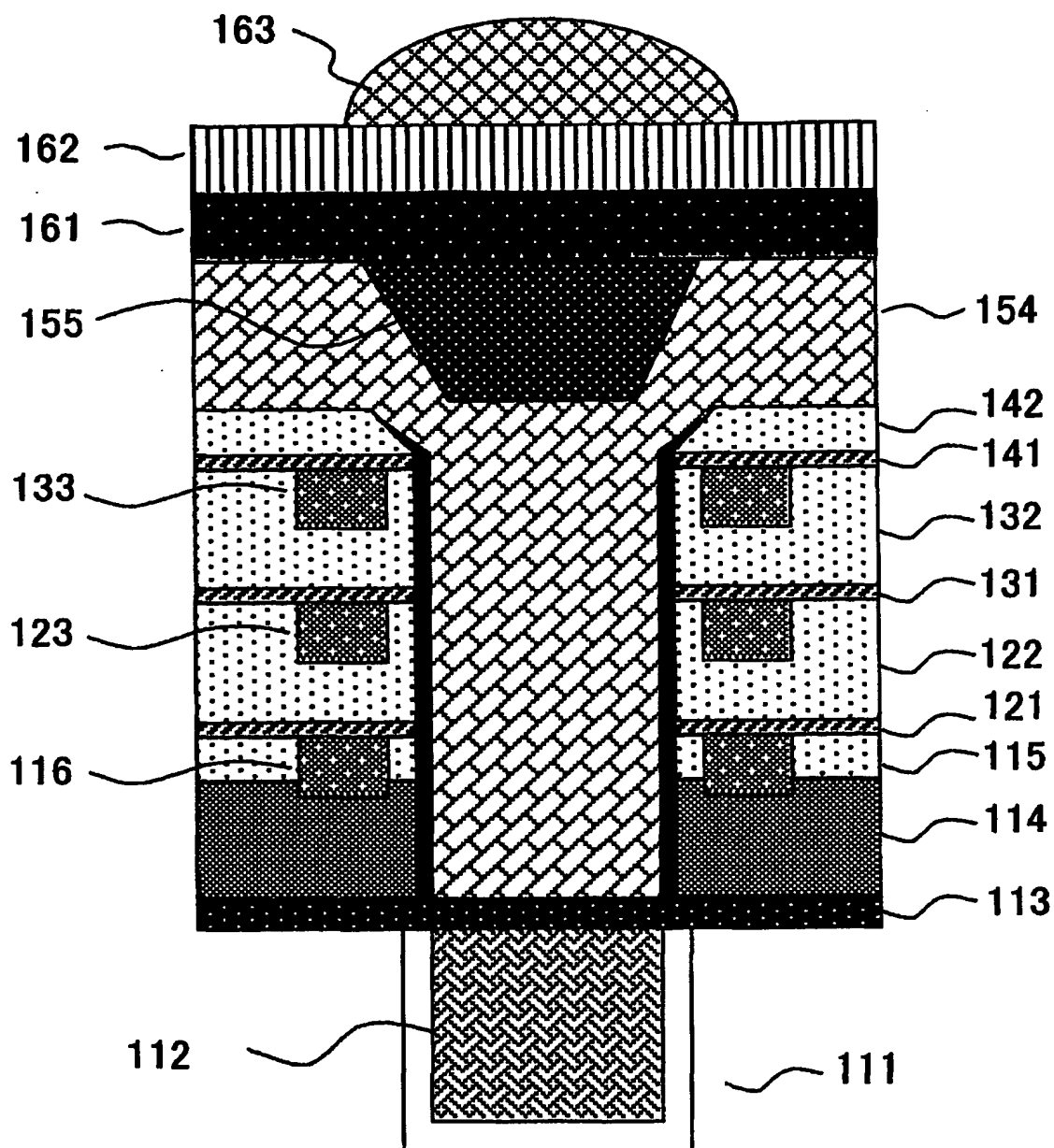


Fig.13K

24/68

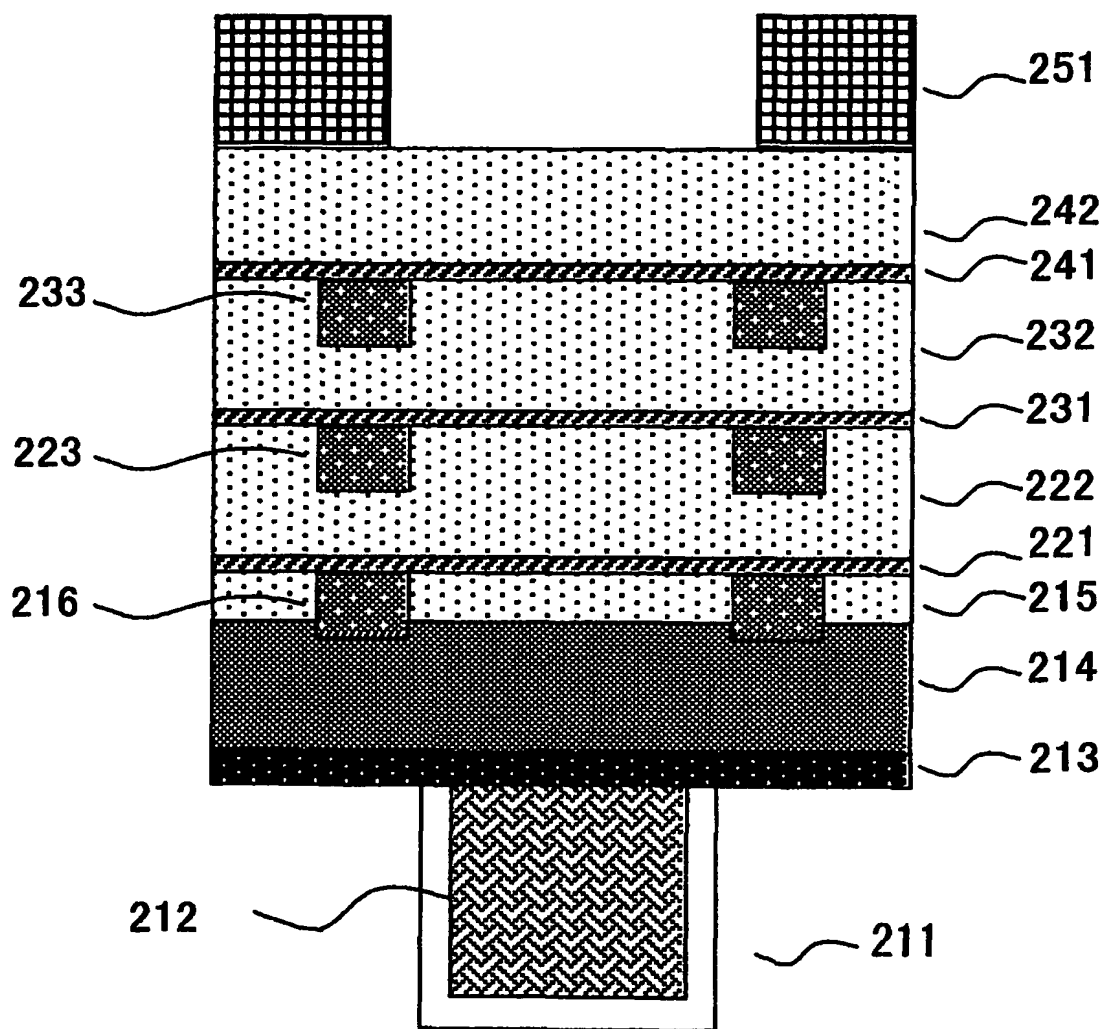


Fig.14A



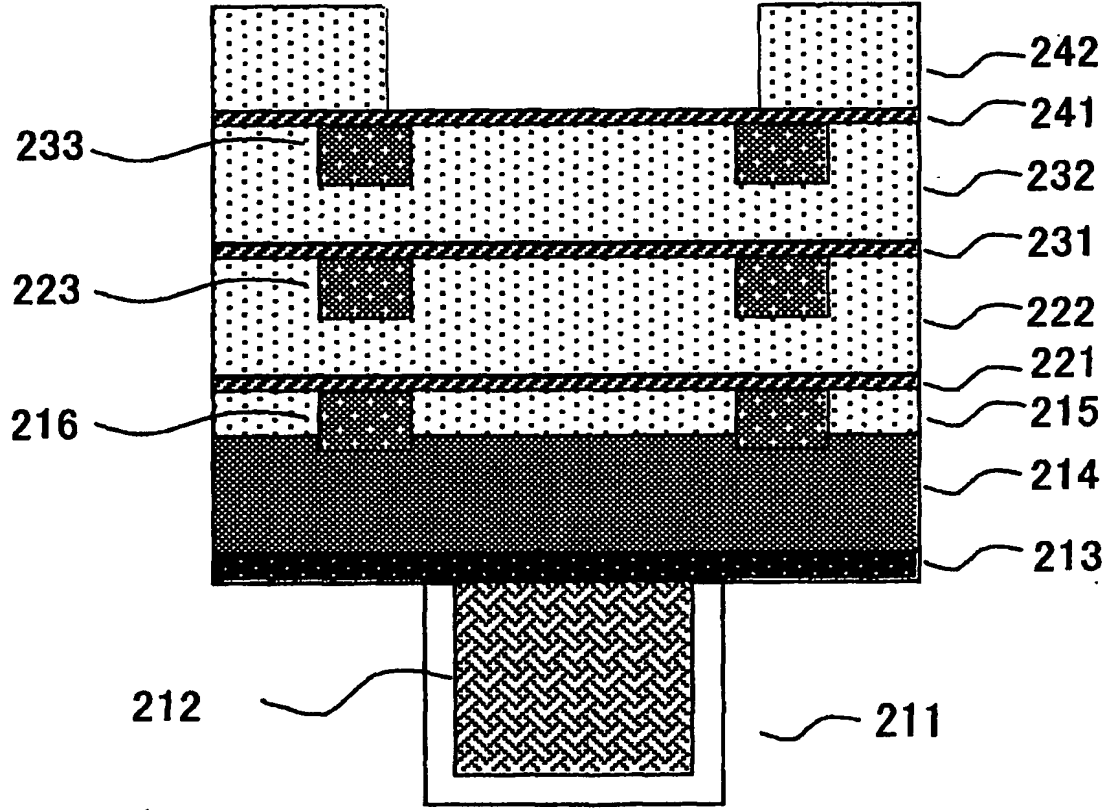


Fig.14B

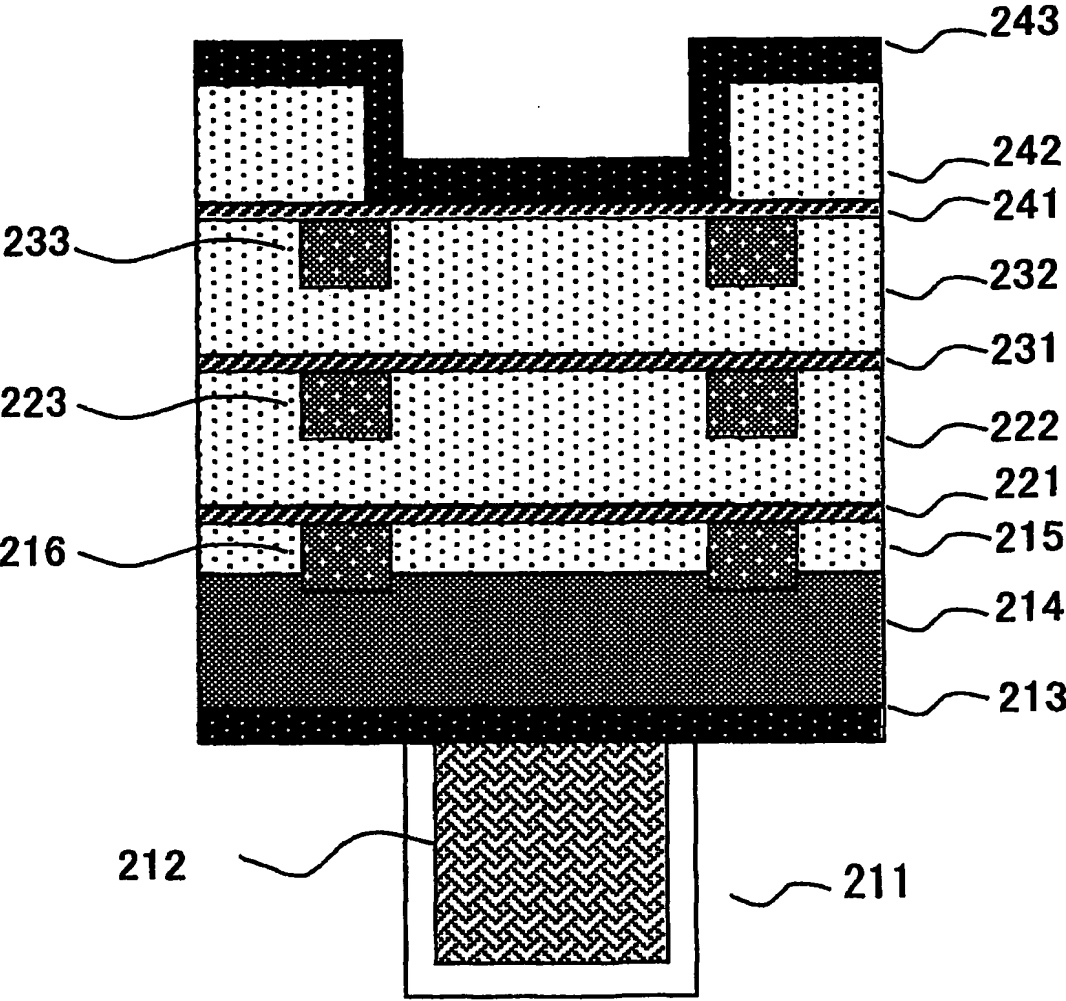


Fig.14C

27/68

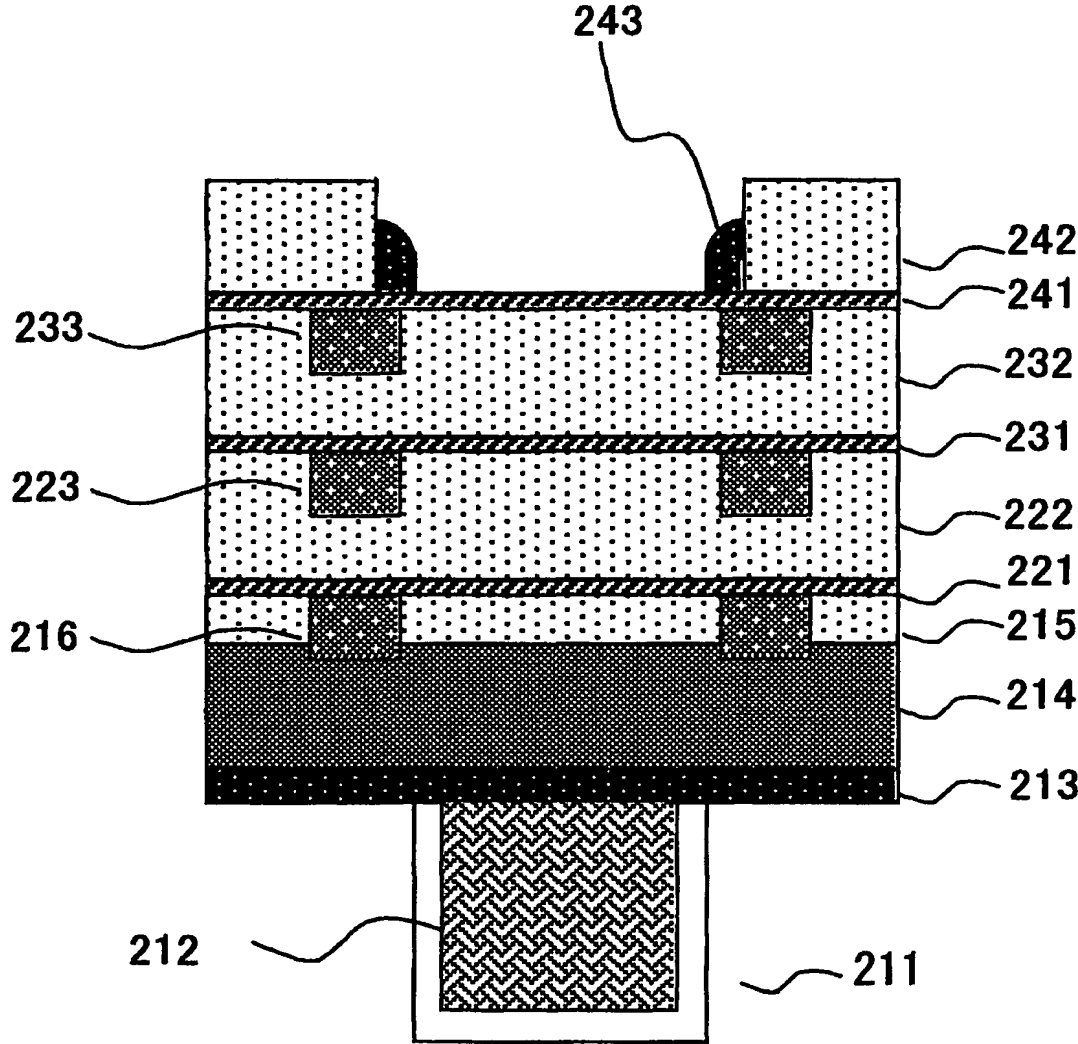


Fig.14D

28/68

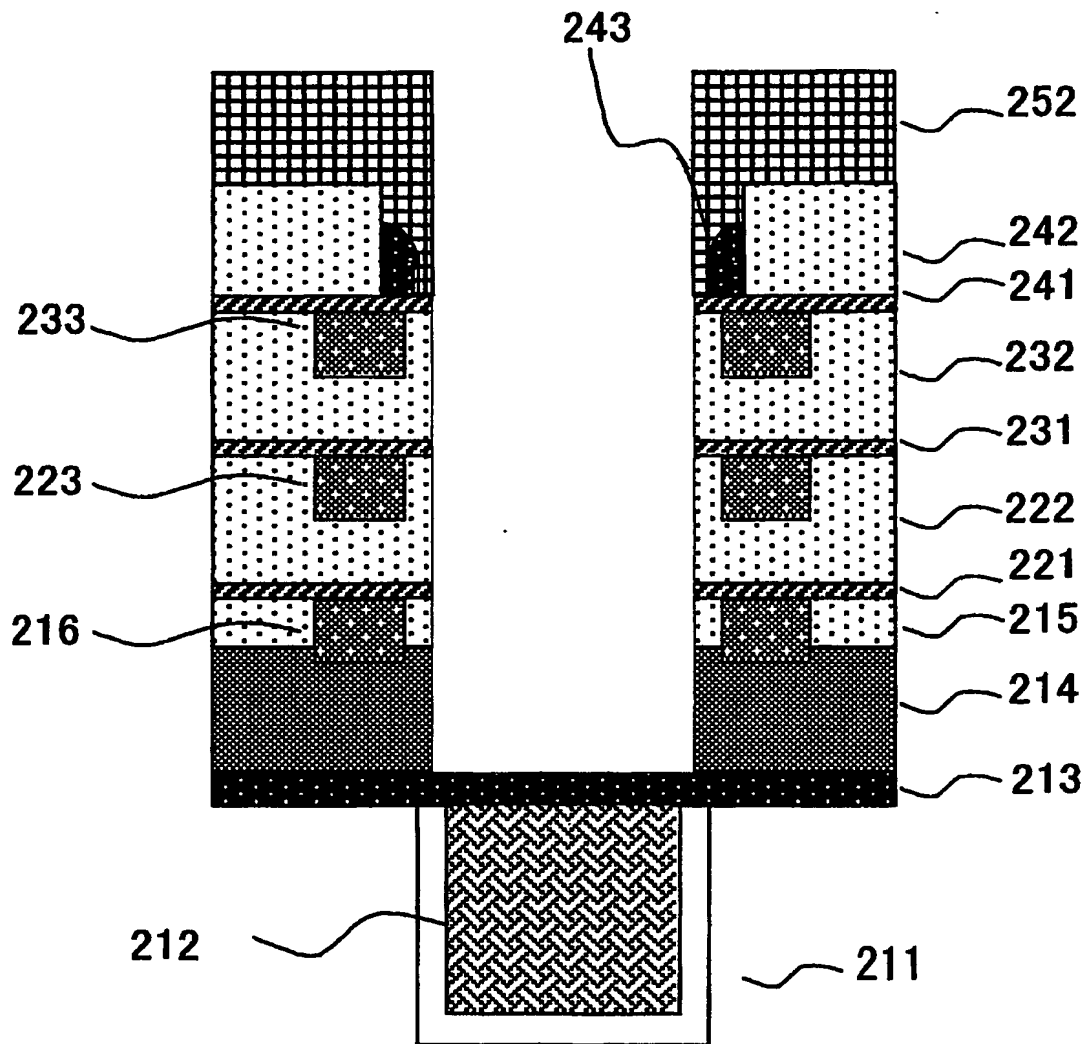


Fig.14E

29/68

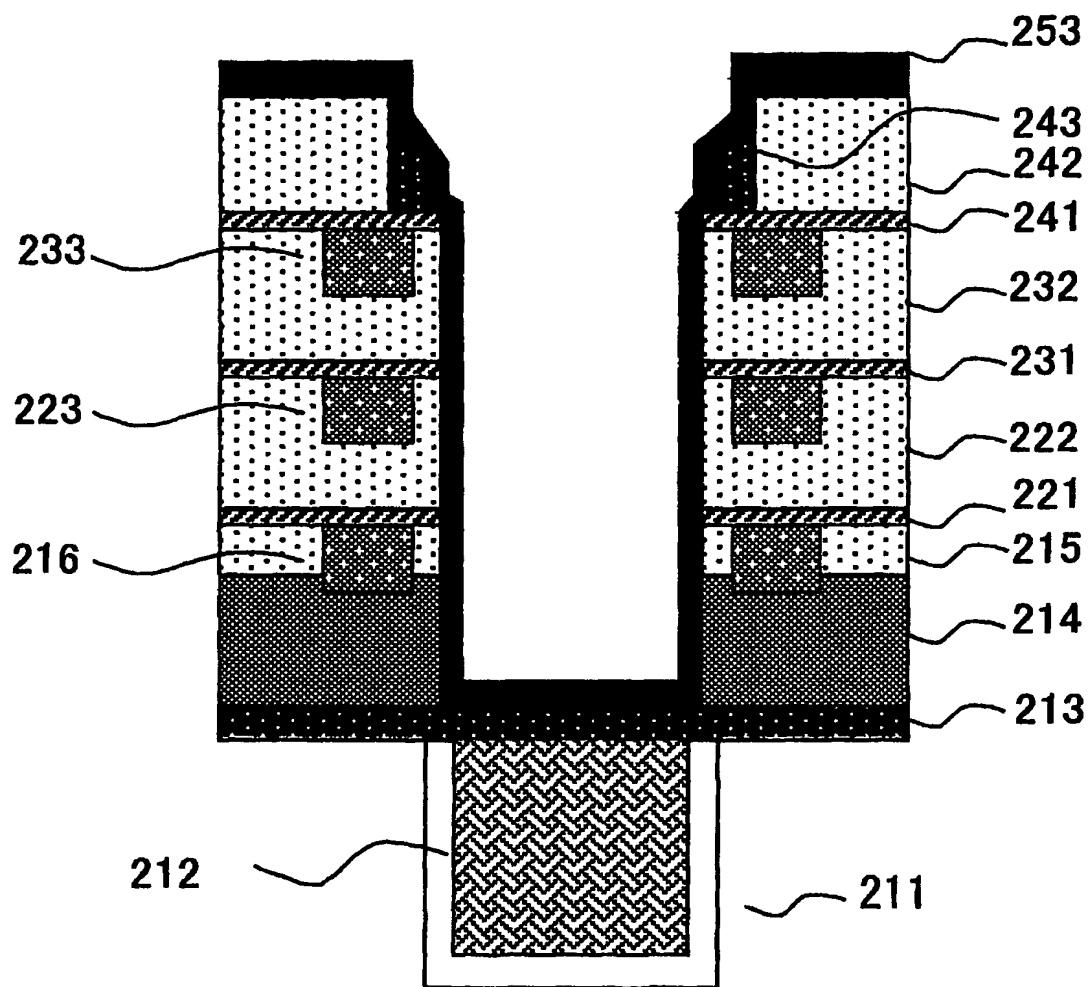


Fig.14F

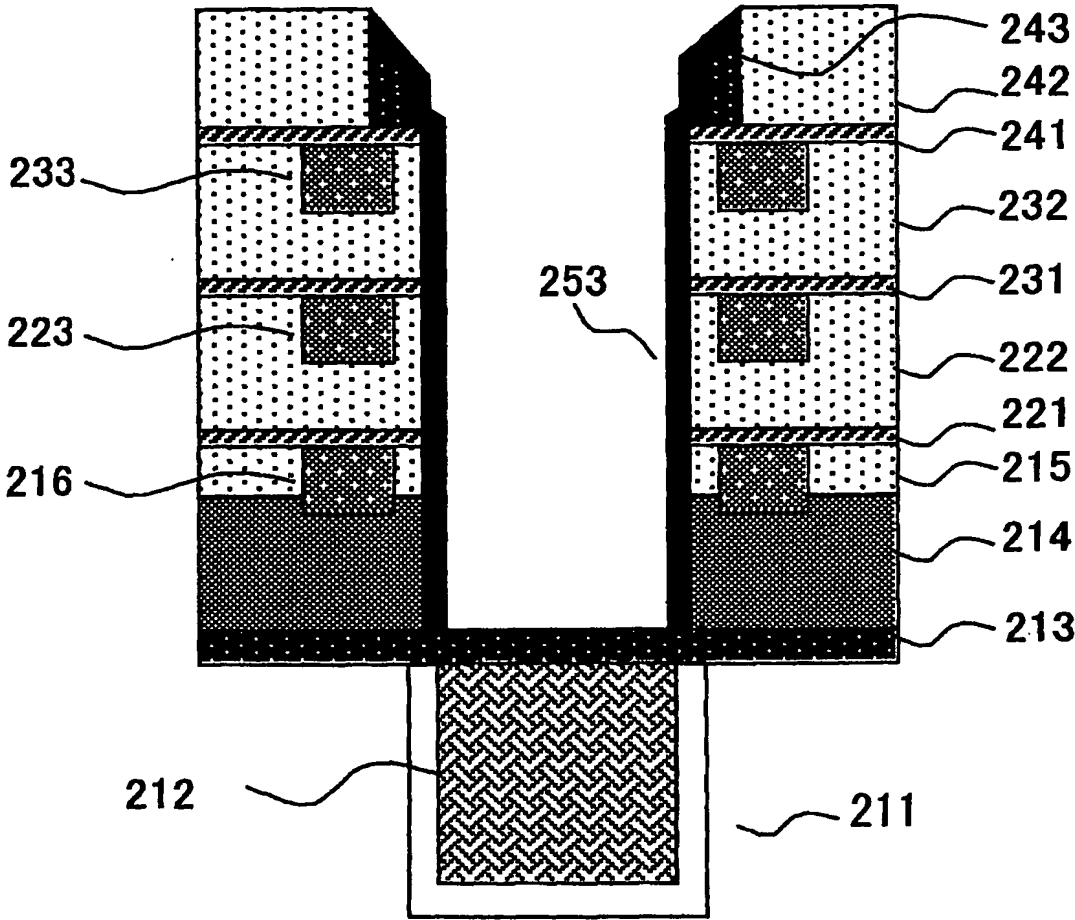


Fig.14G

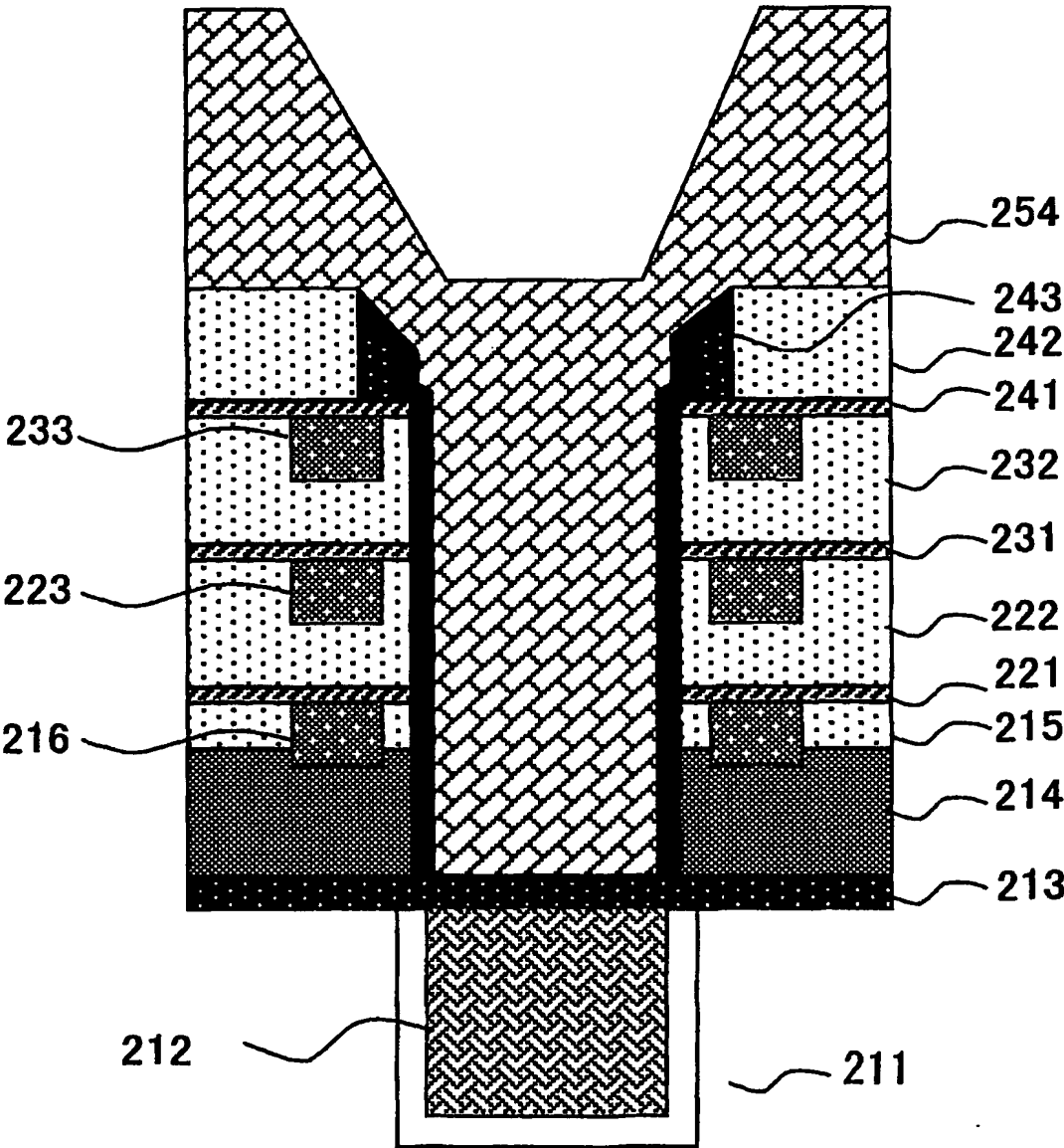


Fig.14H

32/68

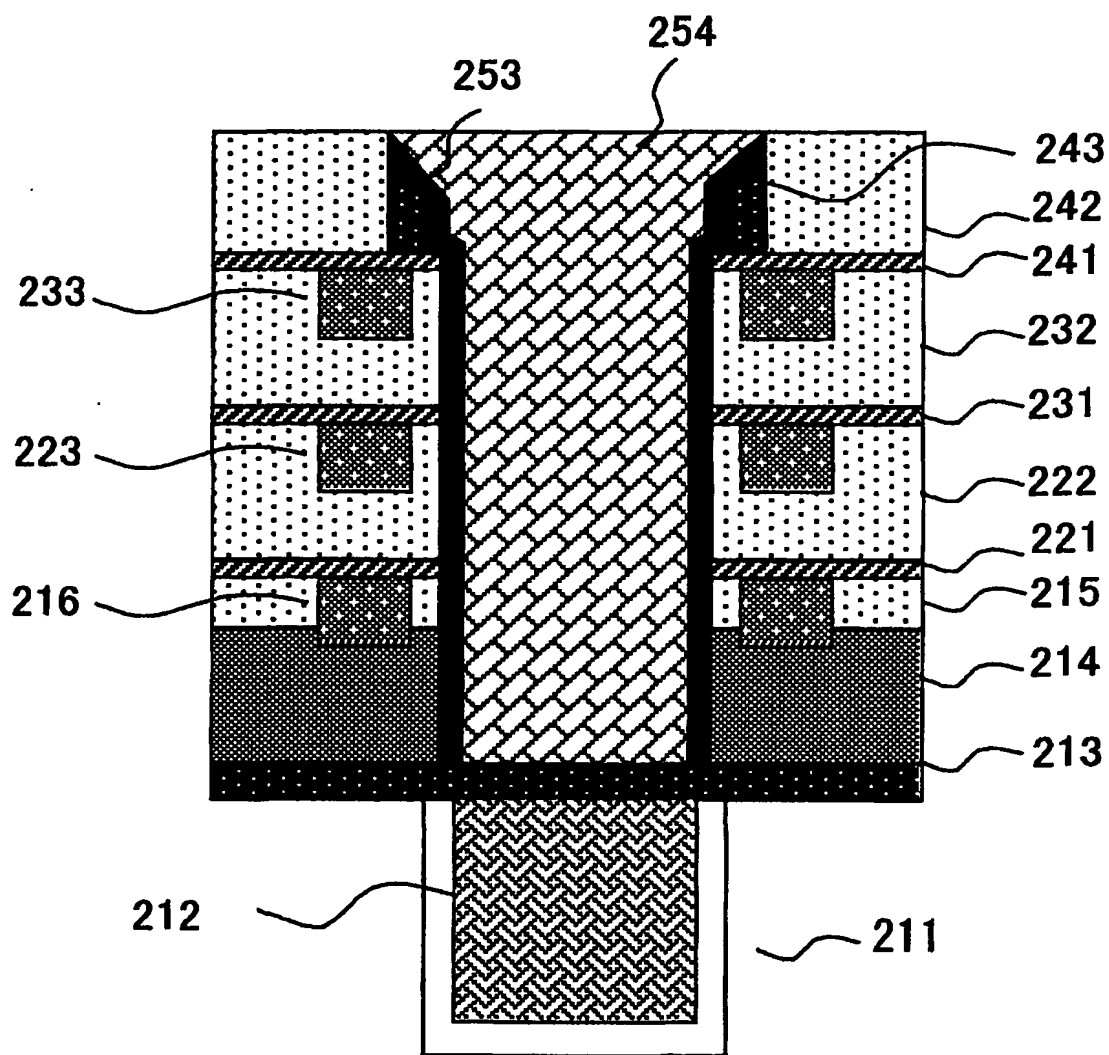


Fig.14I



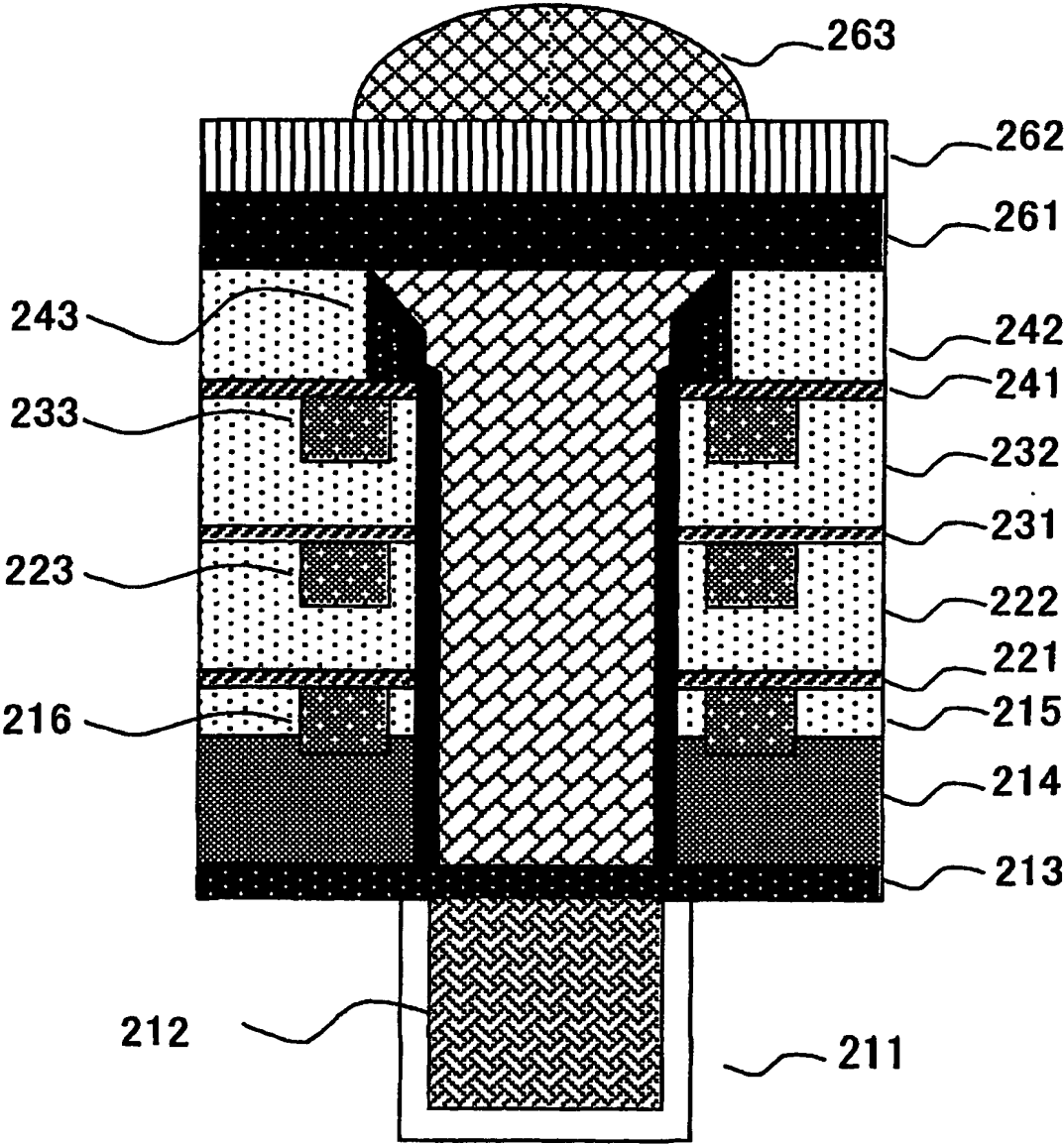


Fig.14J

34/68

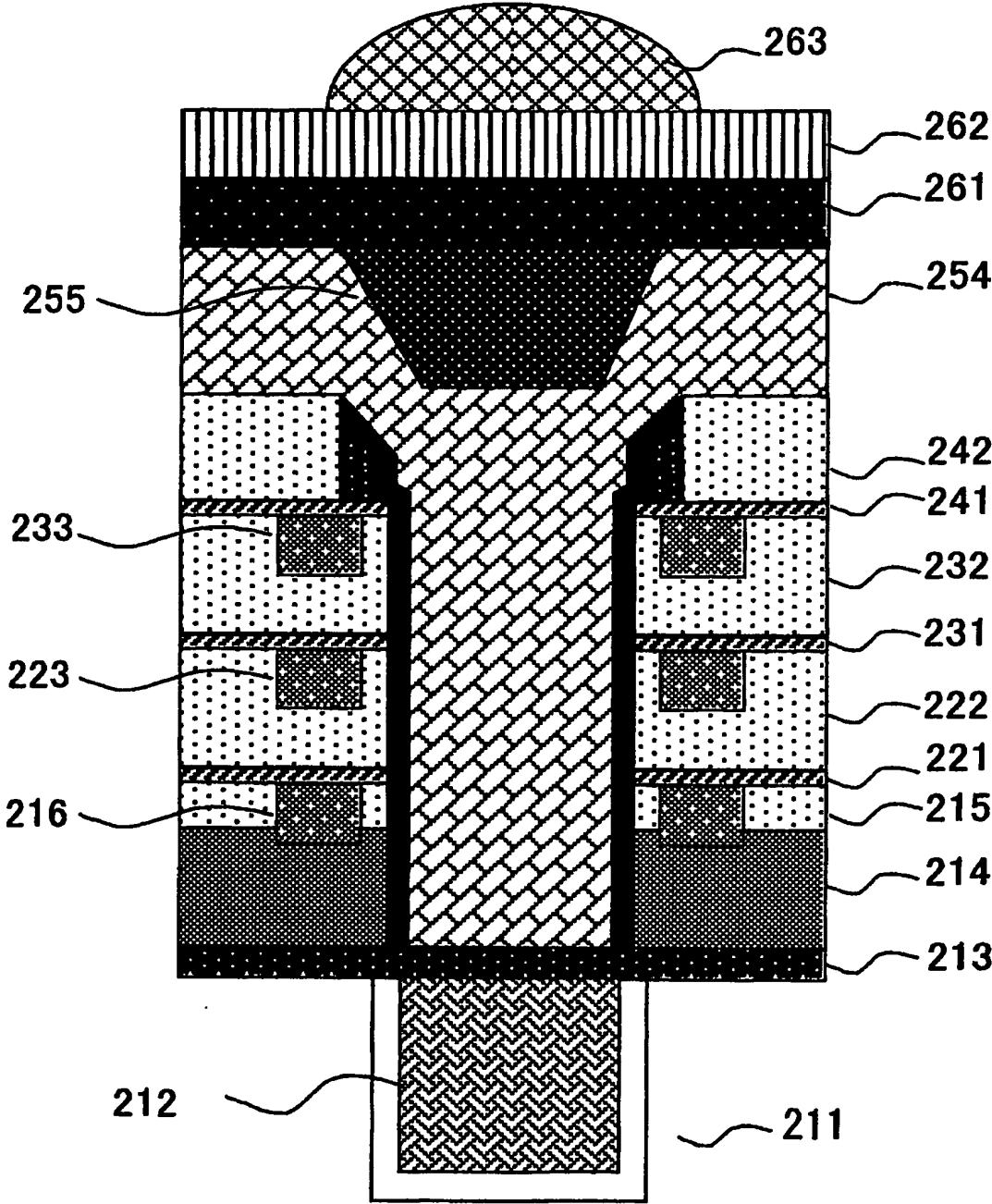


Fig.14K

35/68

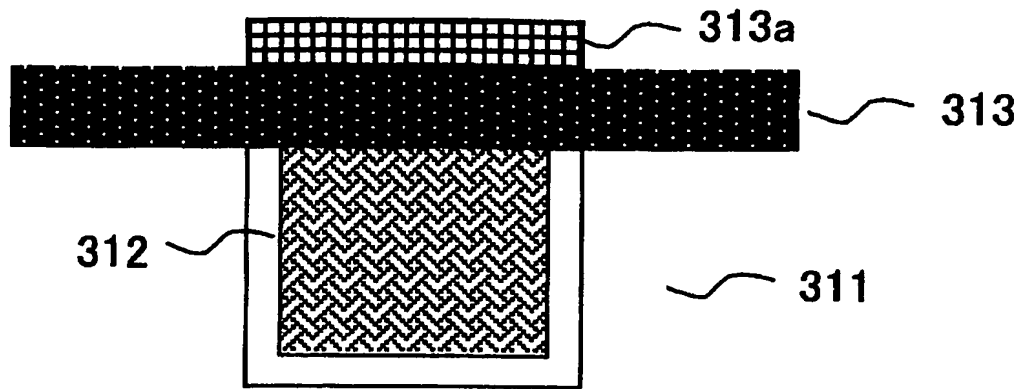


Fig.15A

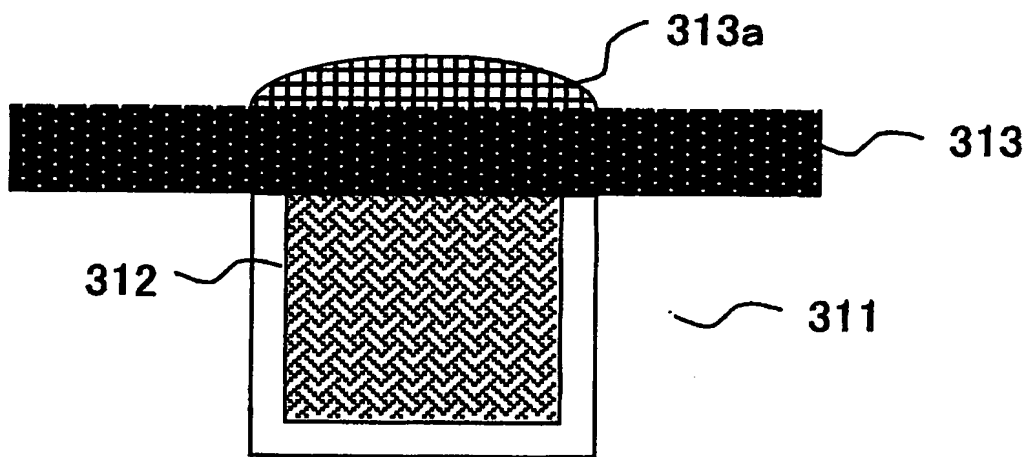


Fig.15B

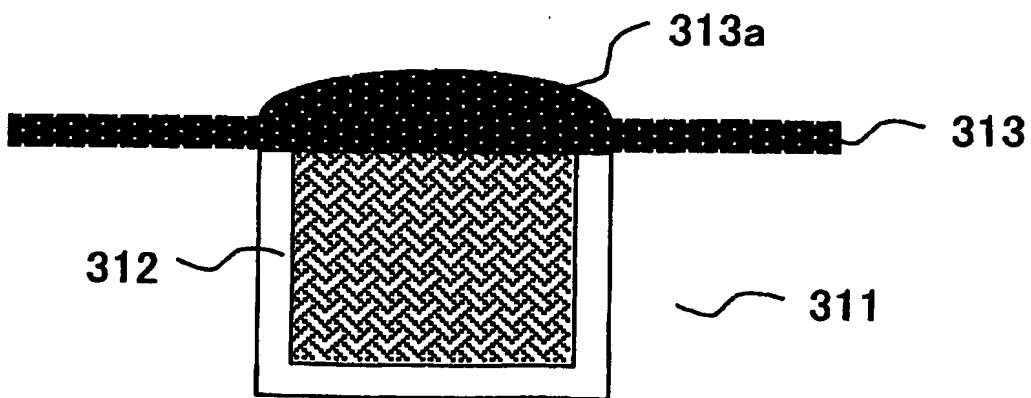


Fig.15C

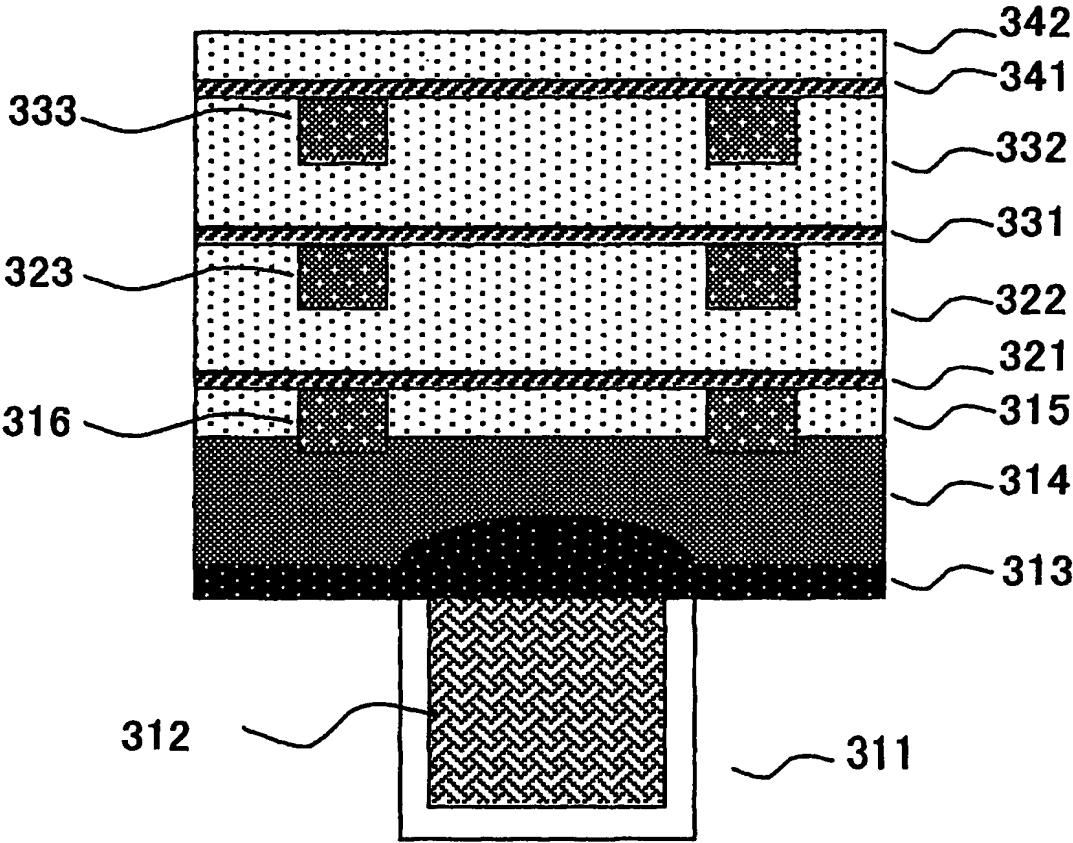


Fig.15D

37/68

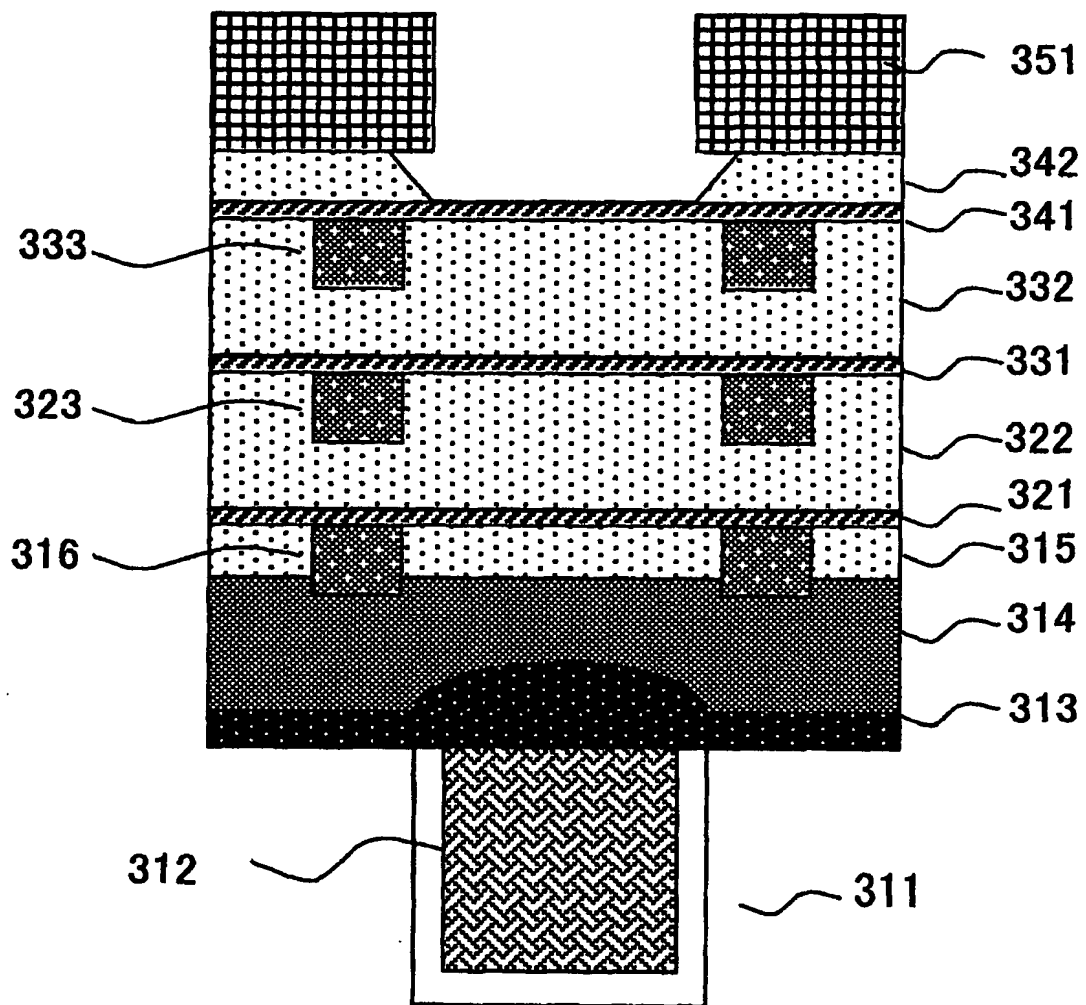


Fig.15E

38/68

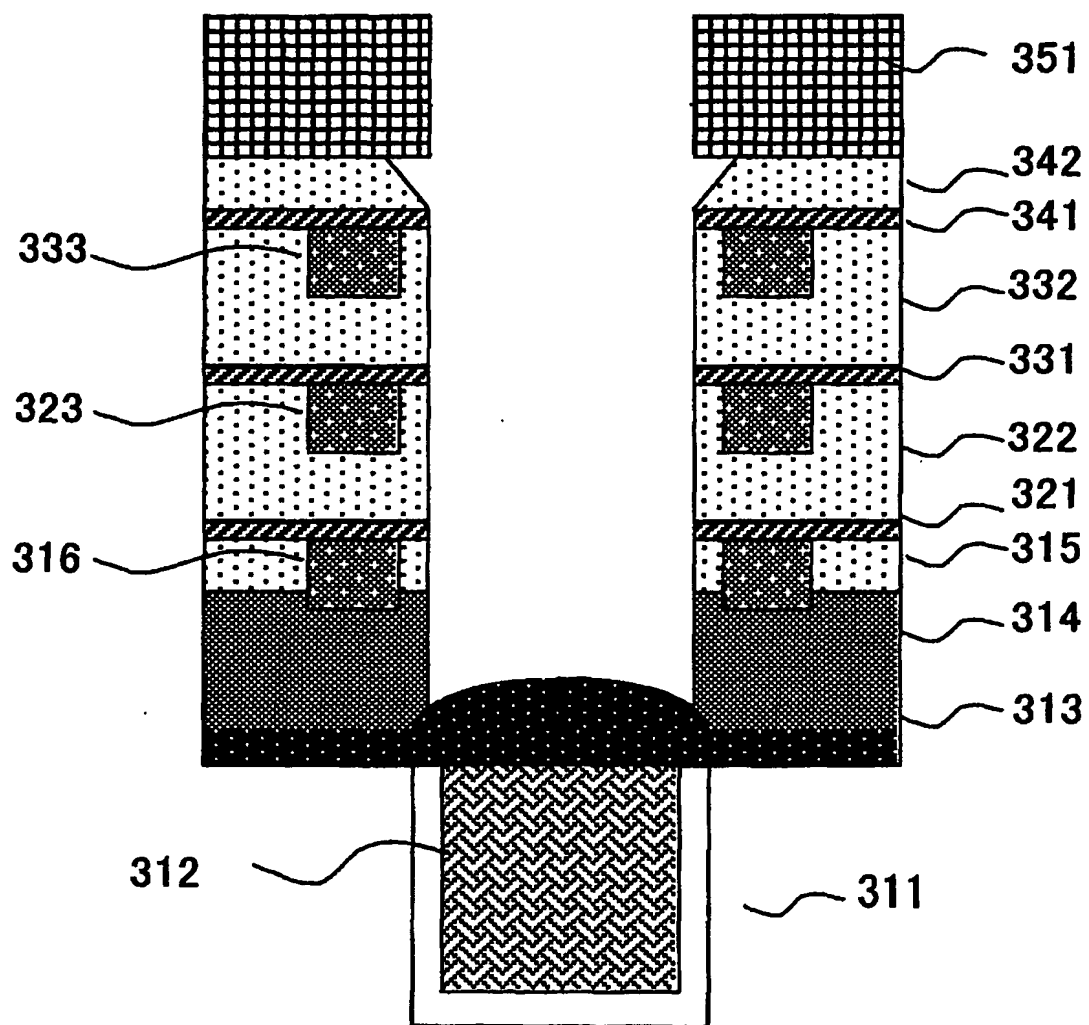


Fig.15F

39/68

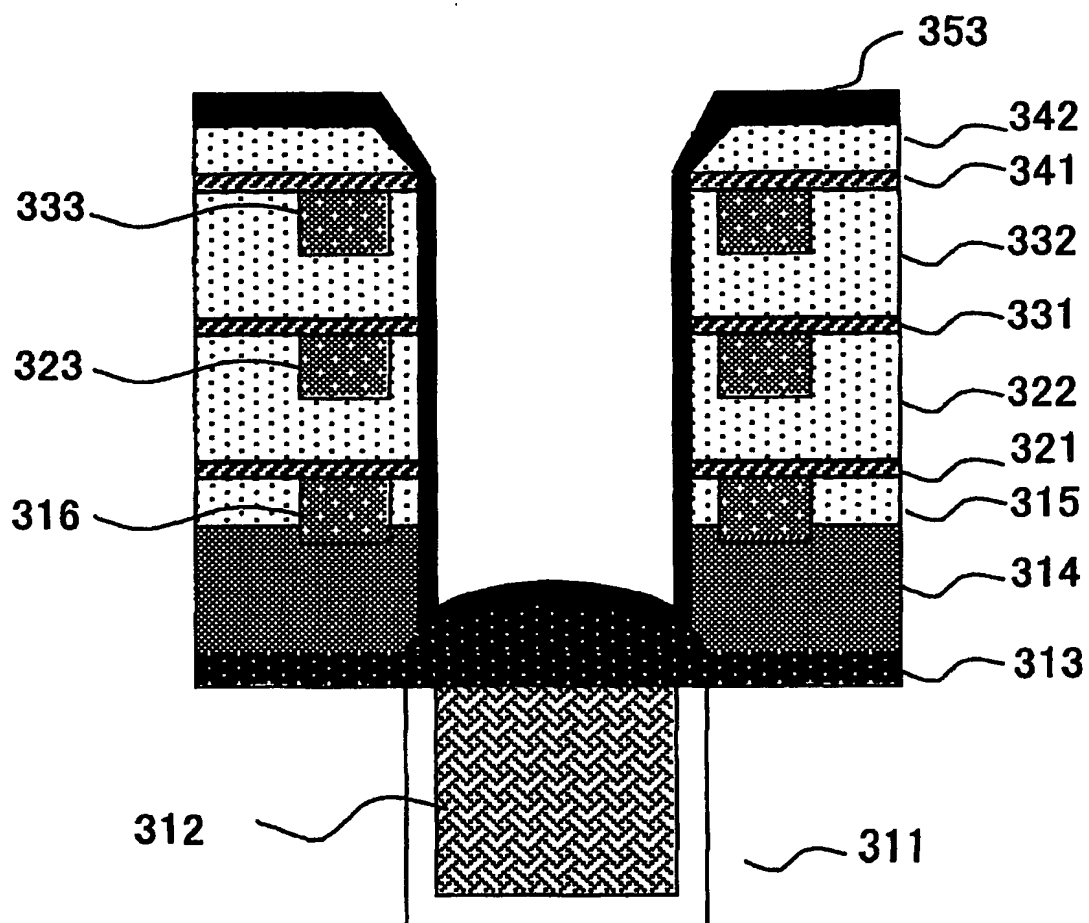


Fig.15G

40/68

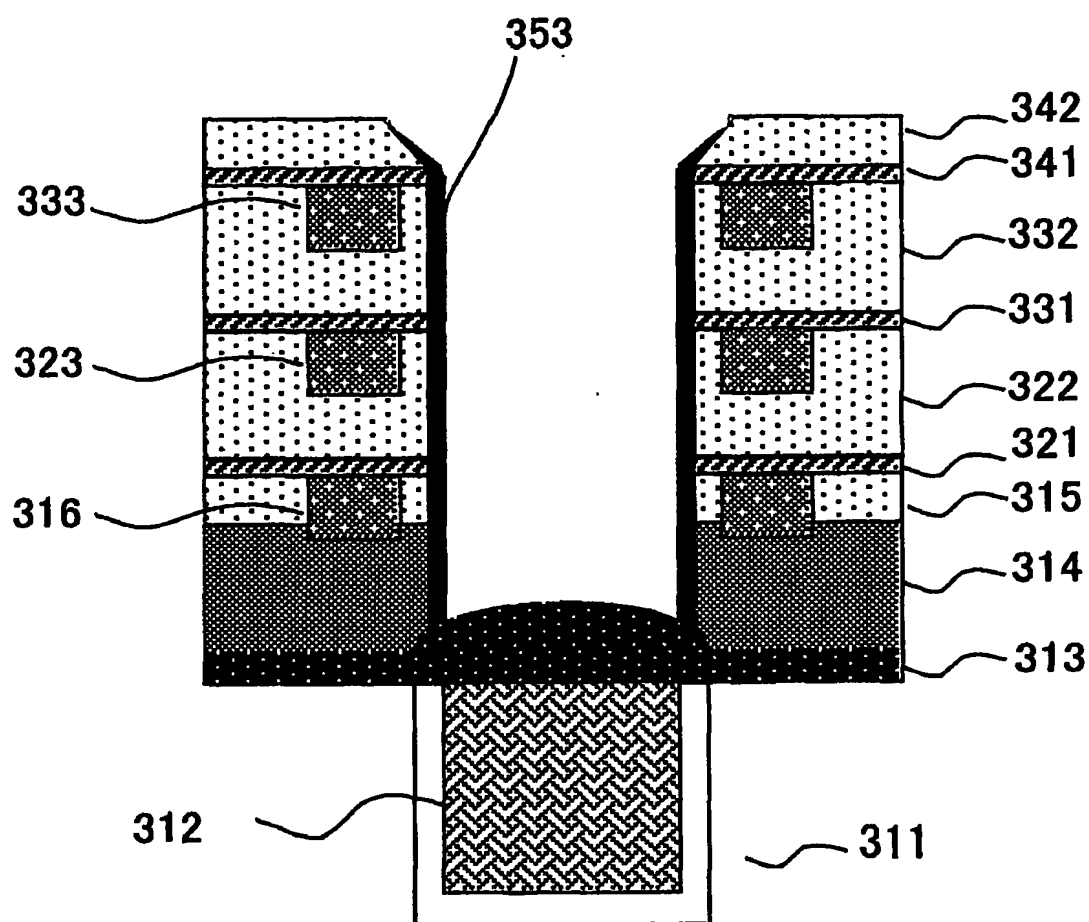


Fig.15H



41/68

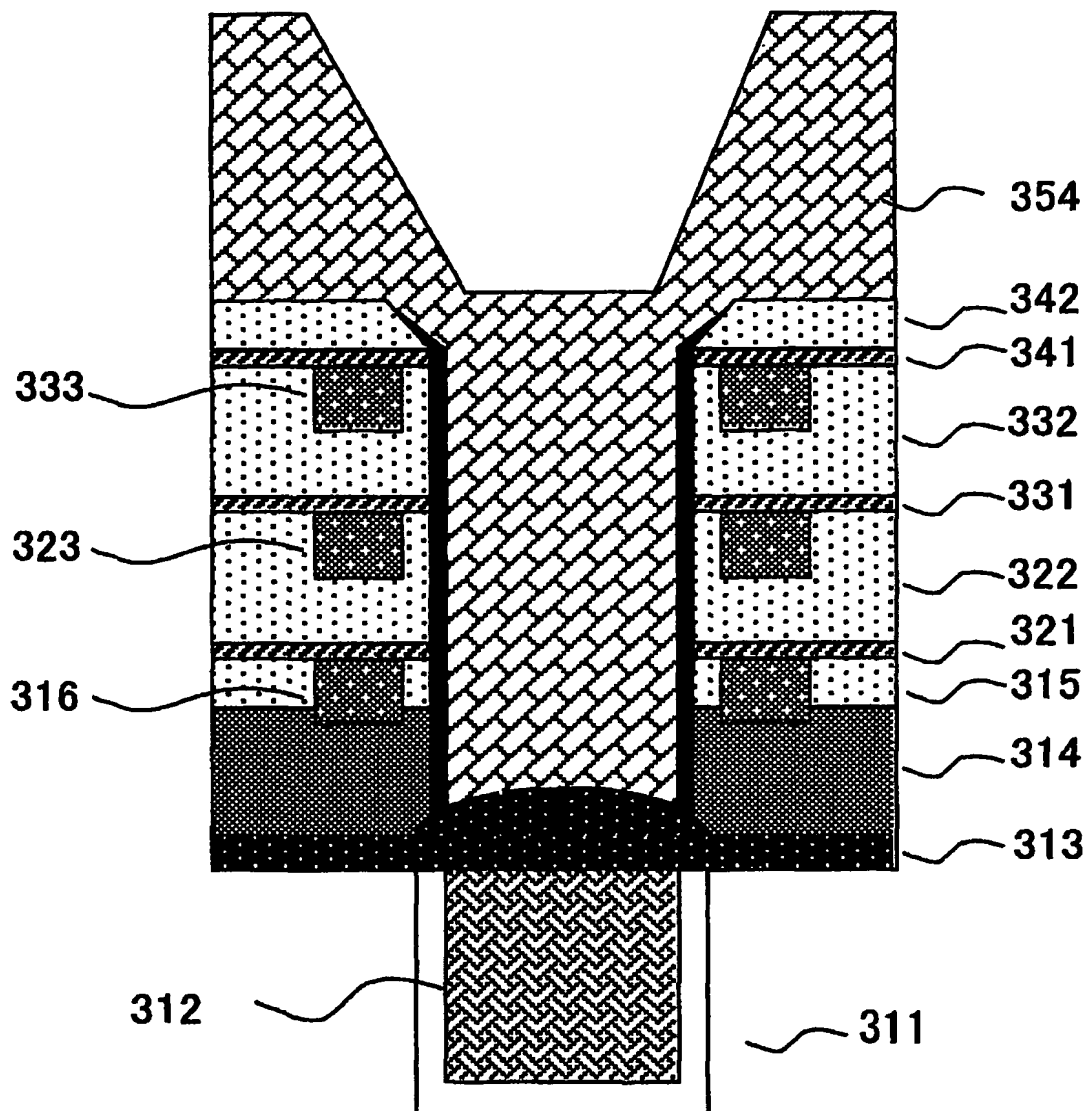


Fig.15I

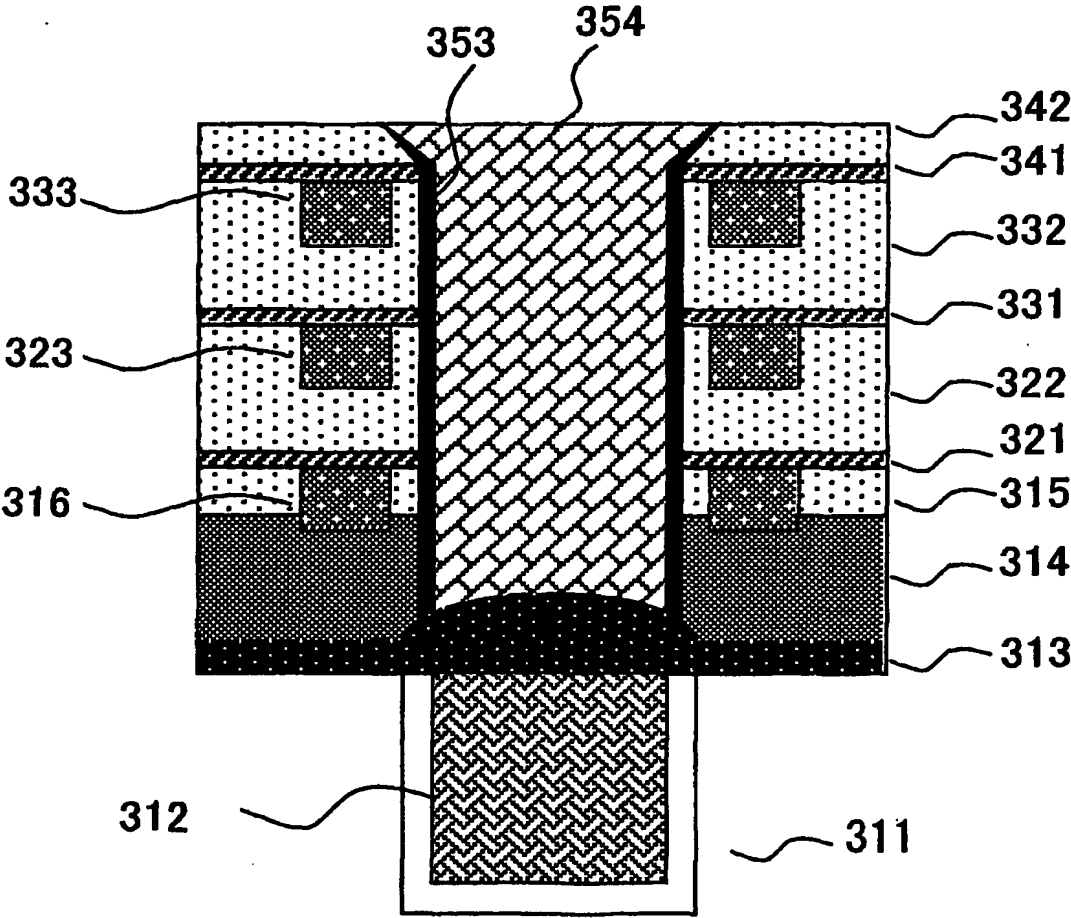


Fig.15J

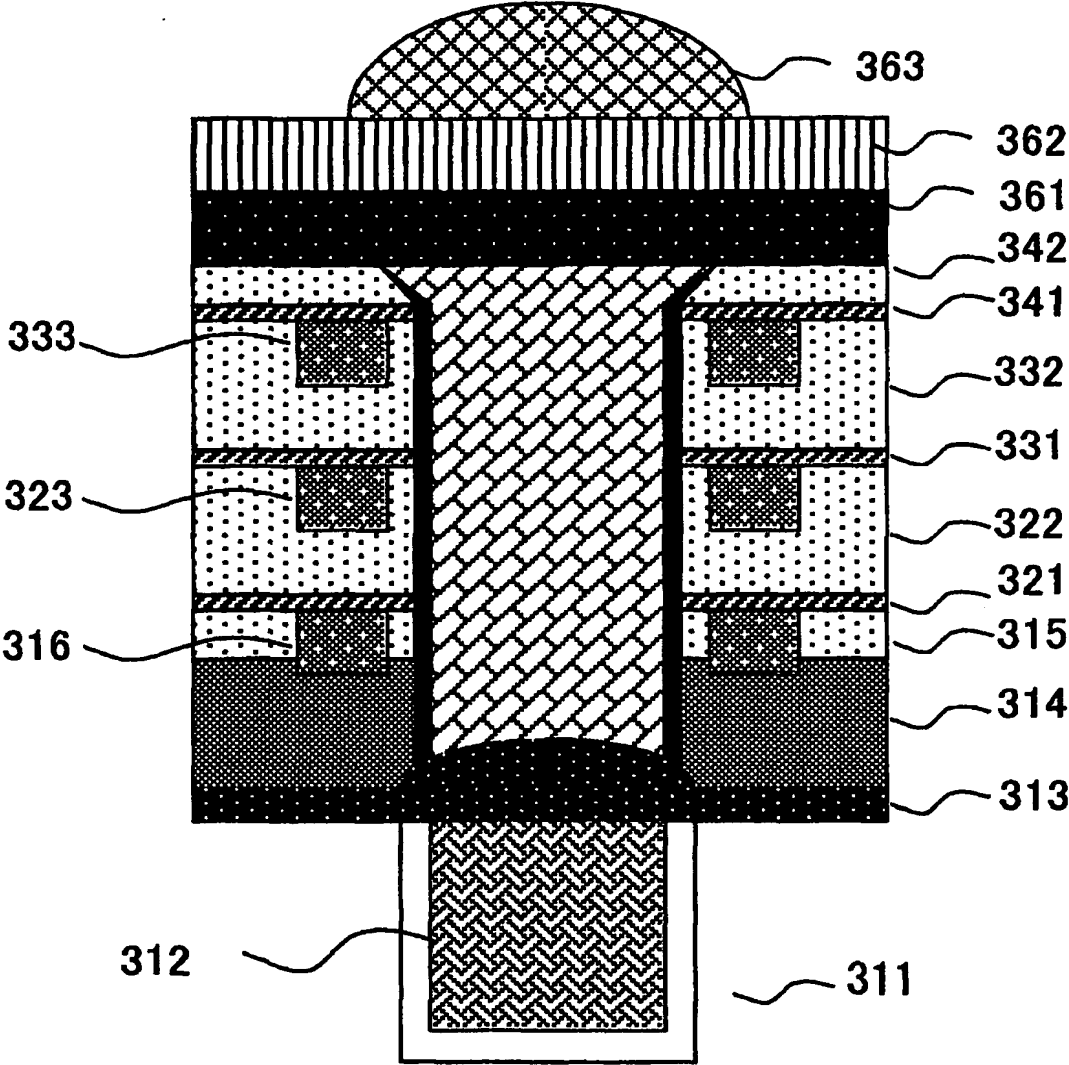


Fig.15K

44/68

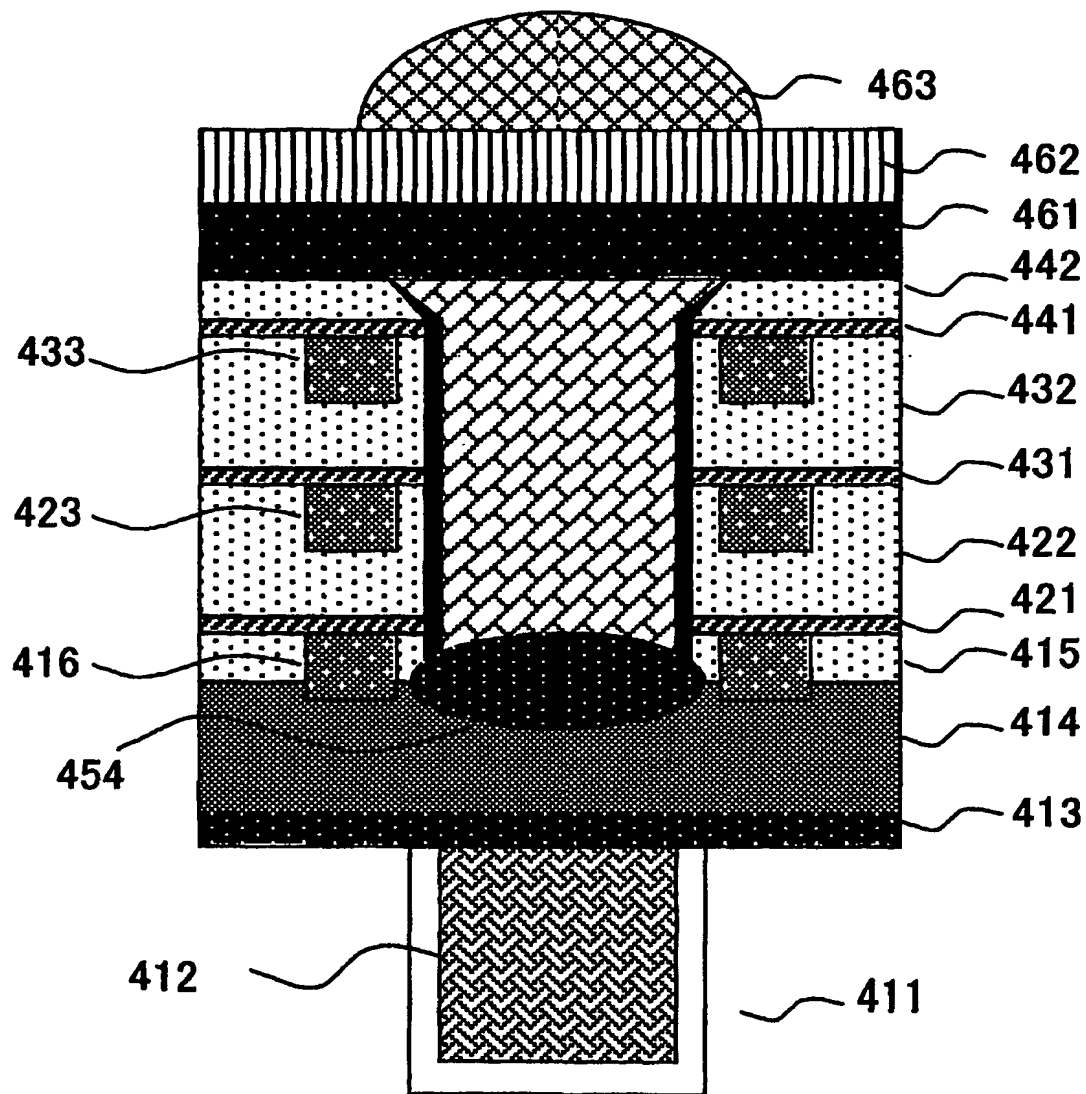


Fig.16A

45/68

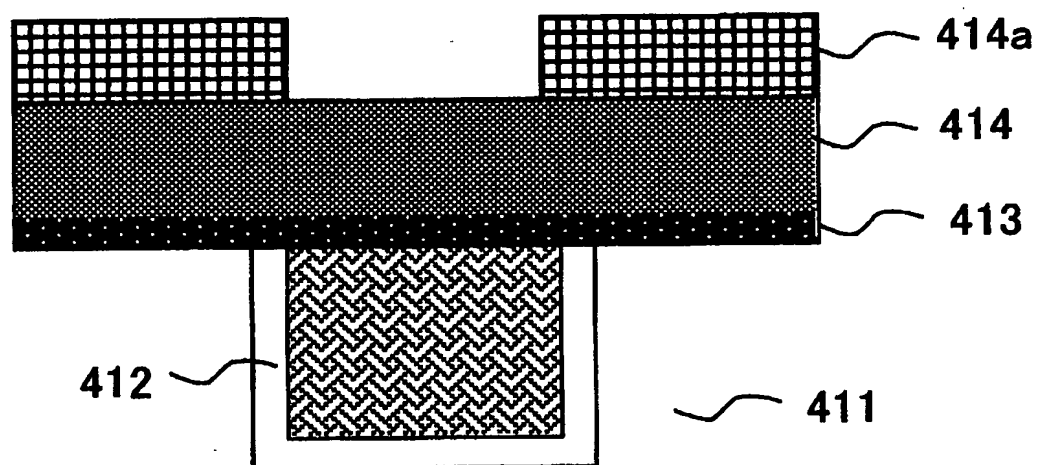


Fig.16B

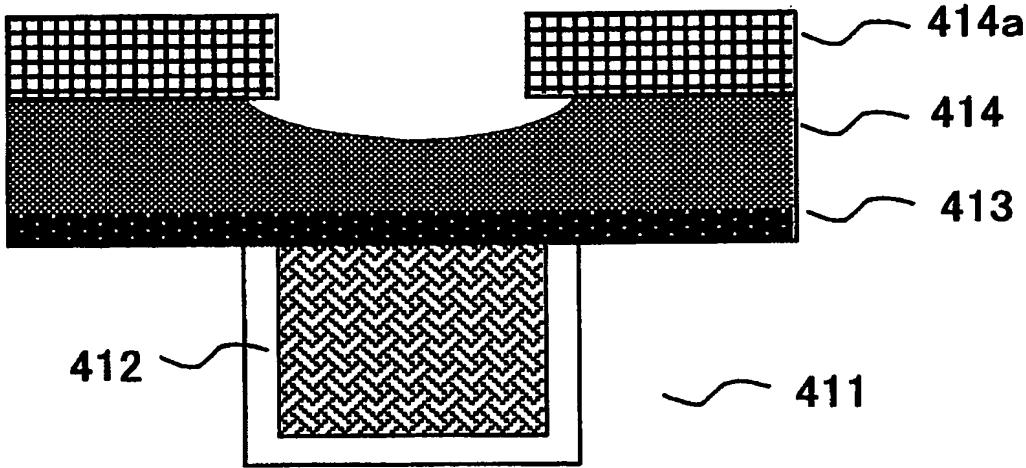


Fig.16C

47/68

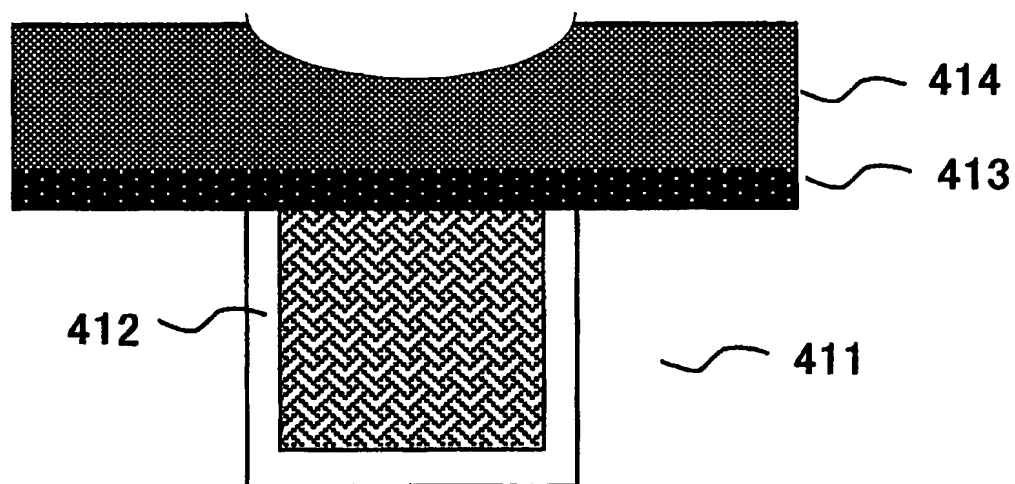


Fig.16D

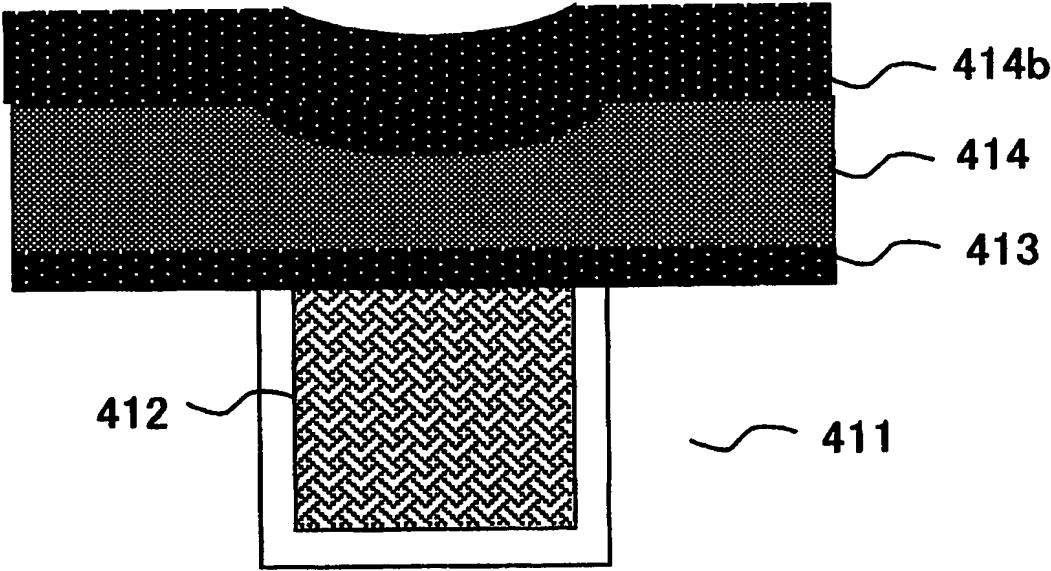


Fig.16E



49/68

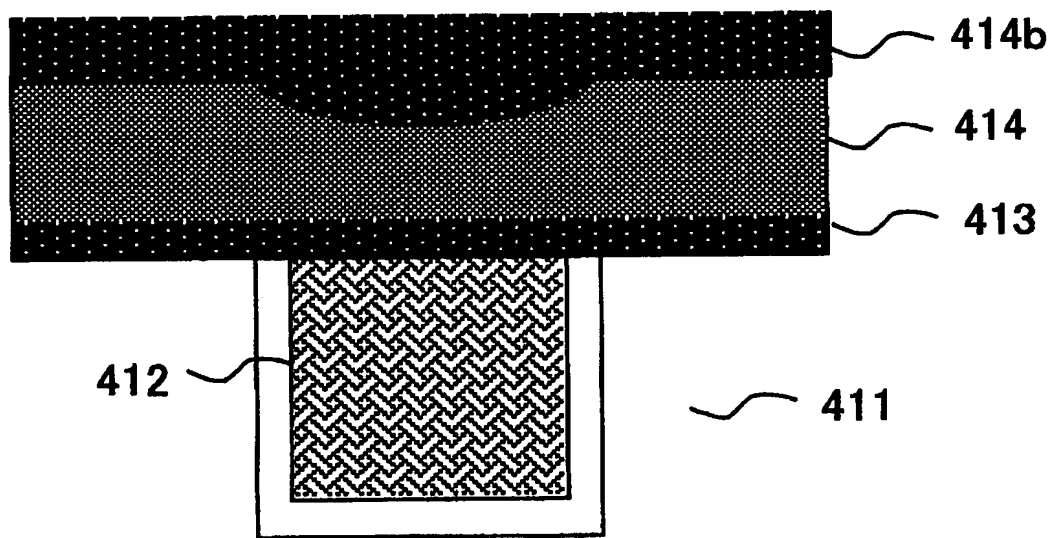


Fig.16F

50/68

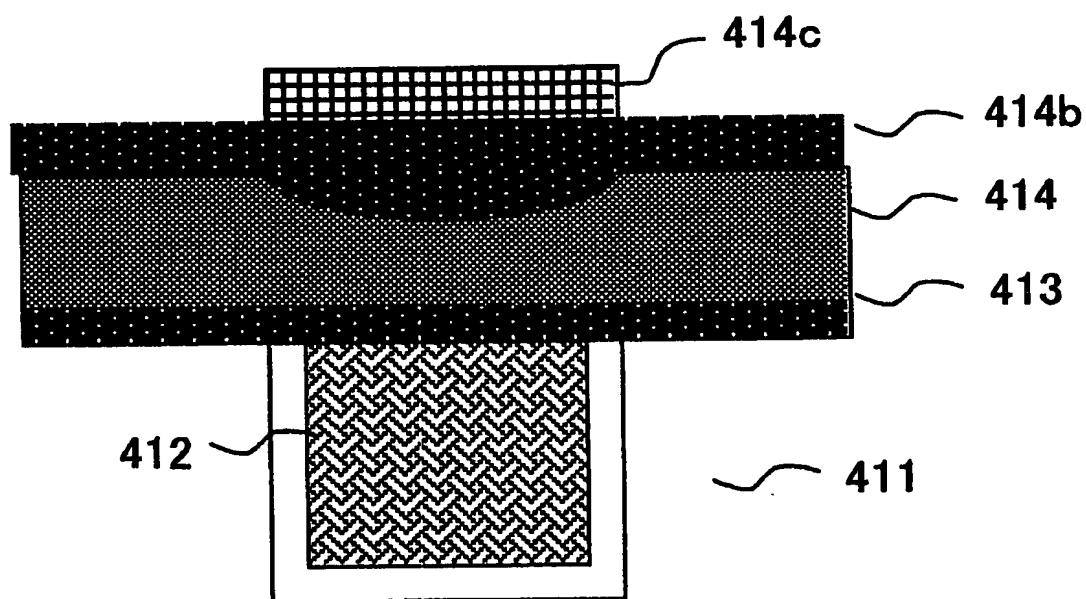


Fig.16G

51/68

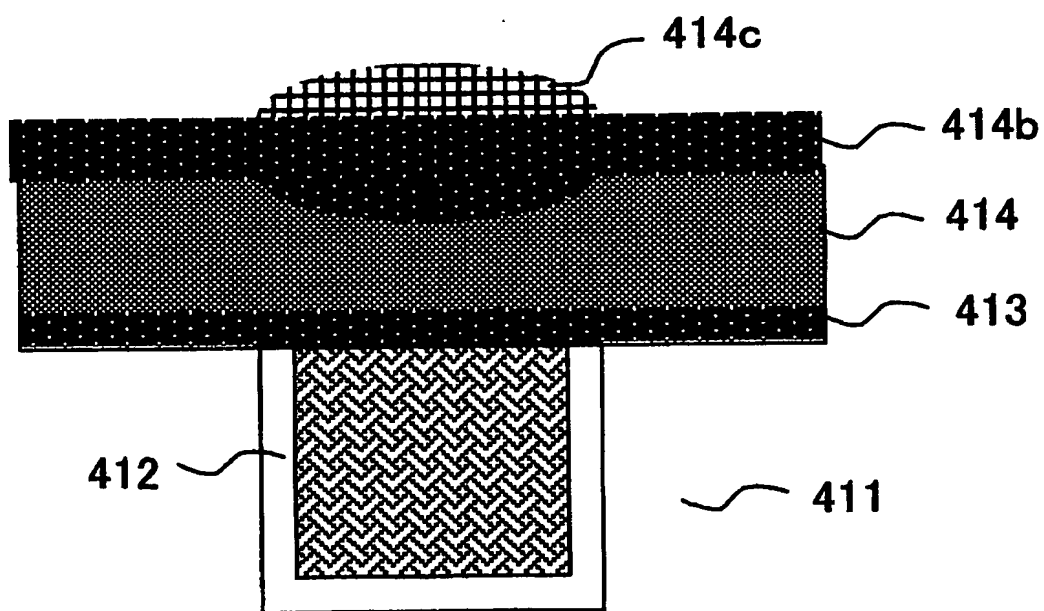


Fig.16H

52/68

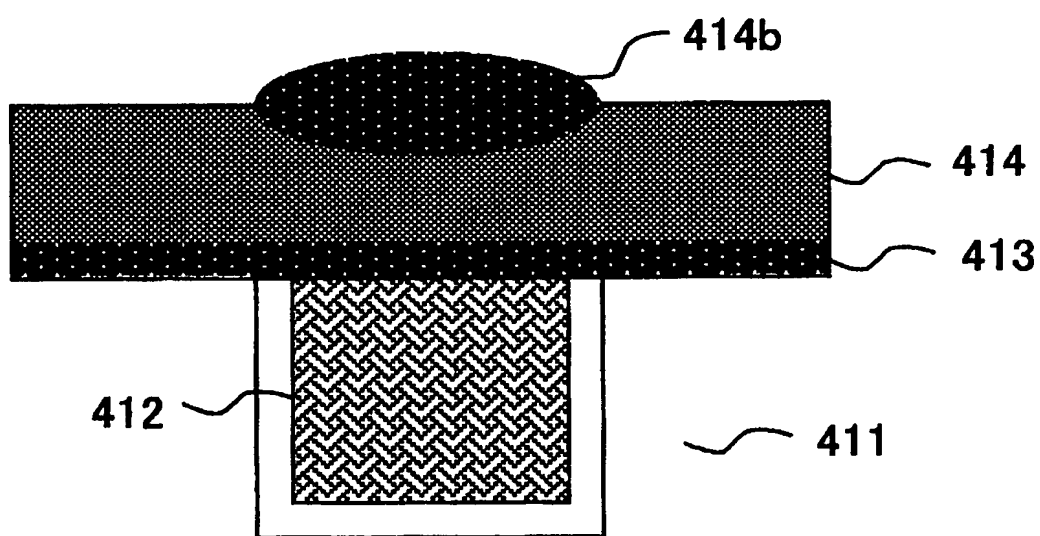


Fig.16I

53/68

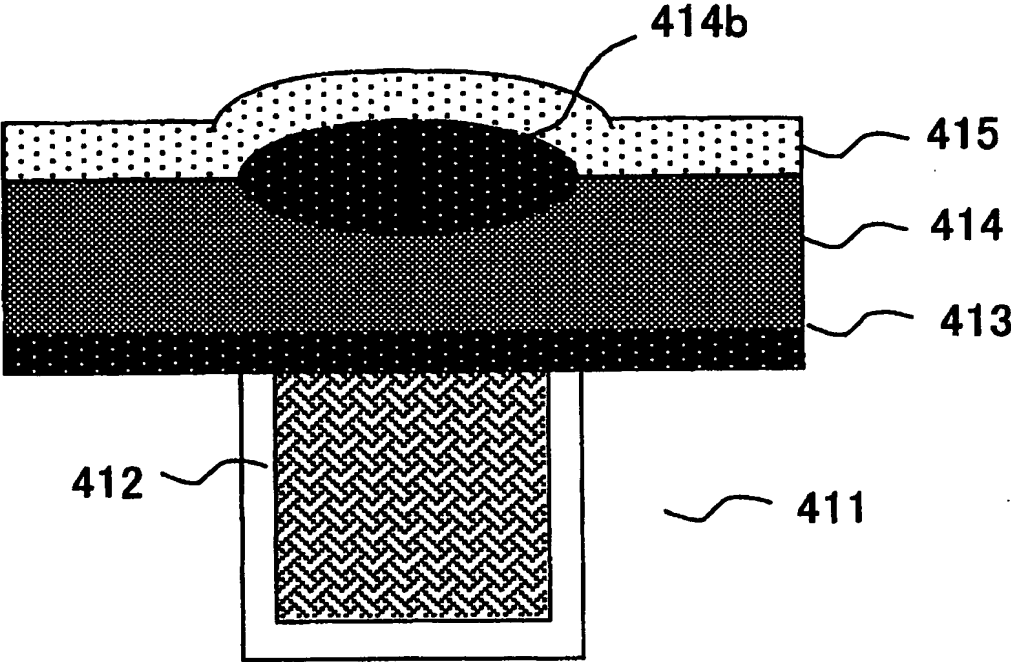


Fig.16J

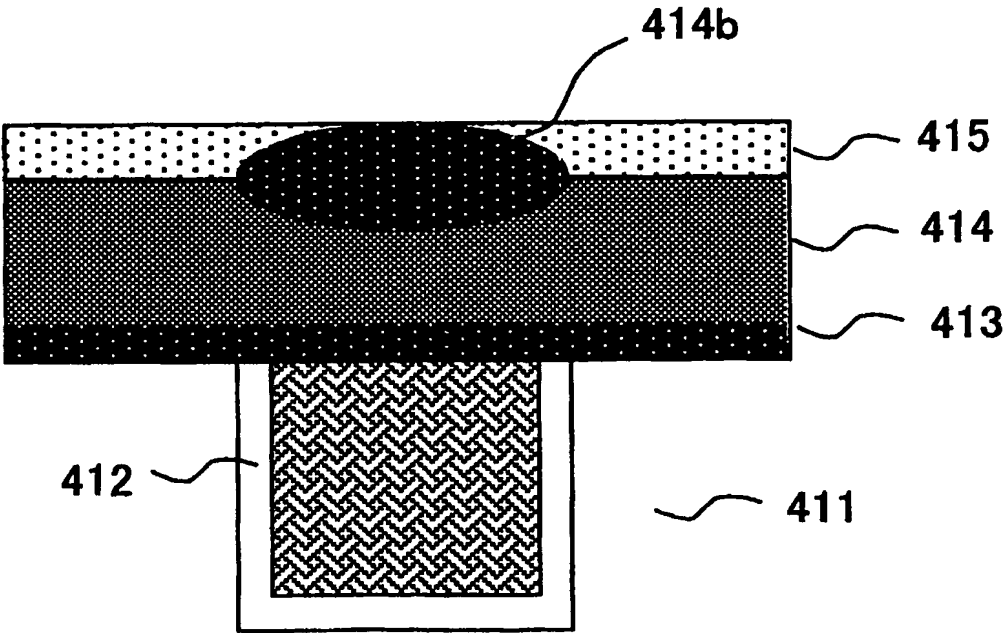


Fig.16K

54/68

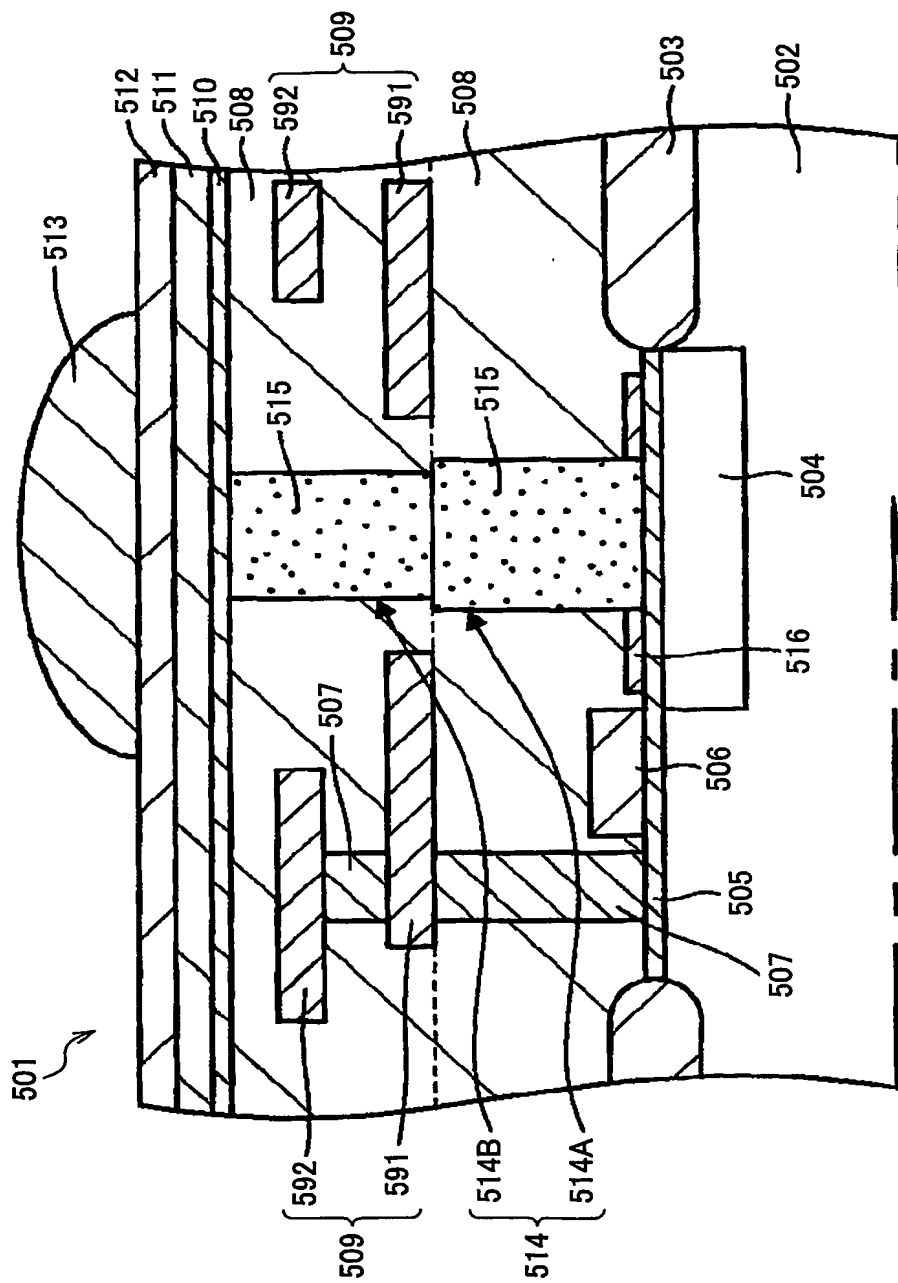


Fig. 17

55/68

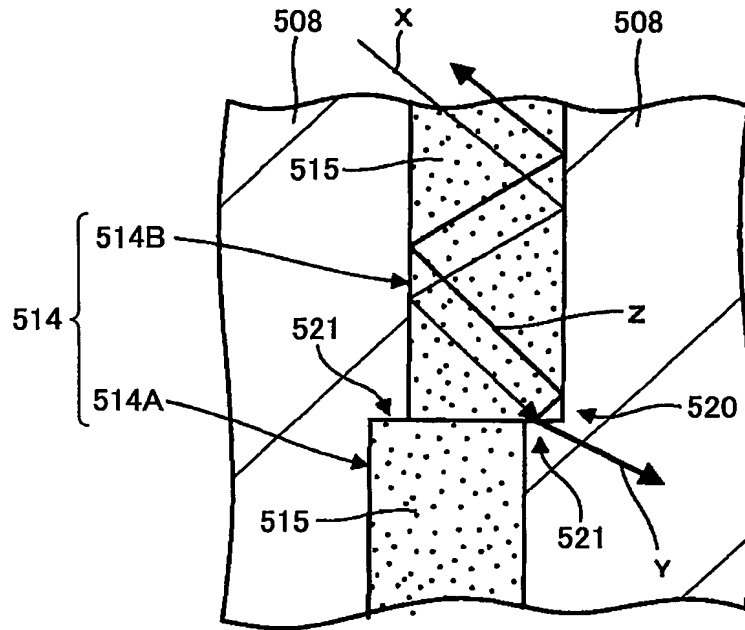


Fig.18

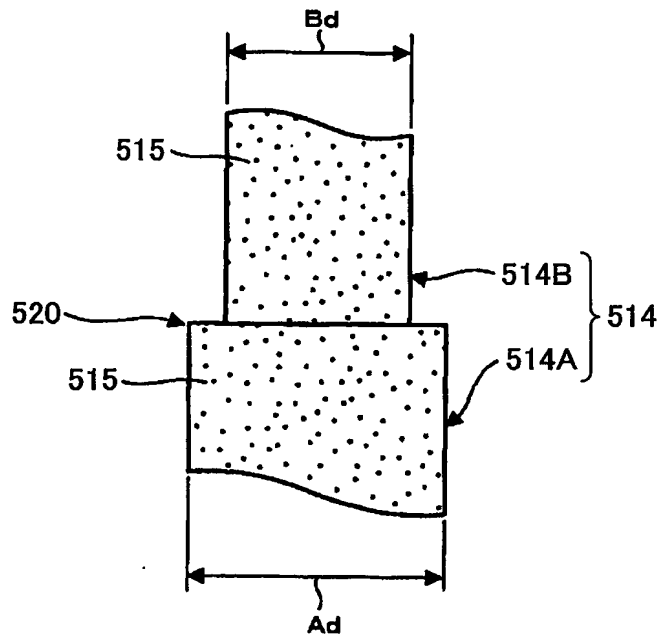


Fig.19

56/68

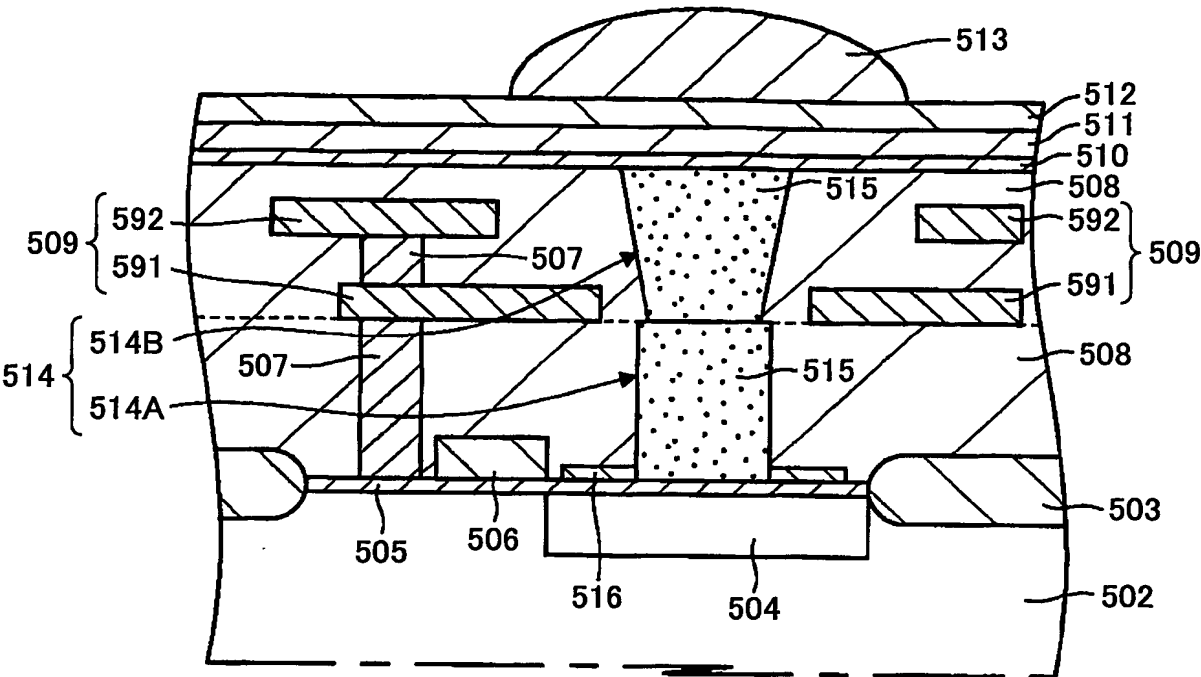


Fig.20

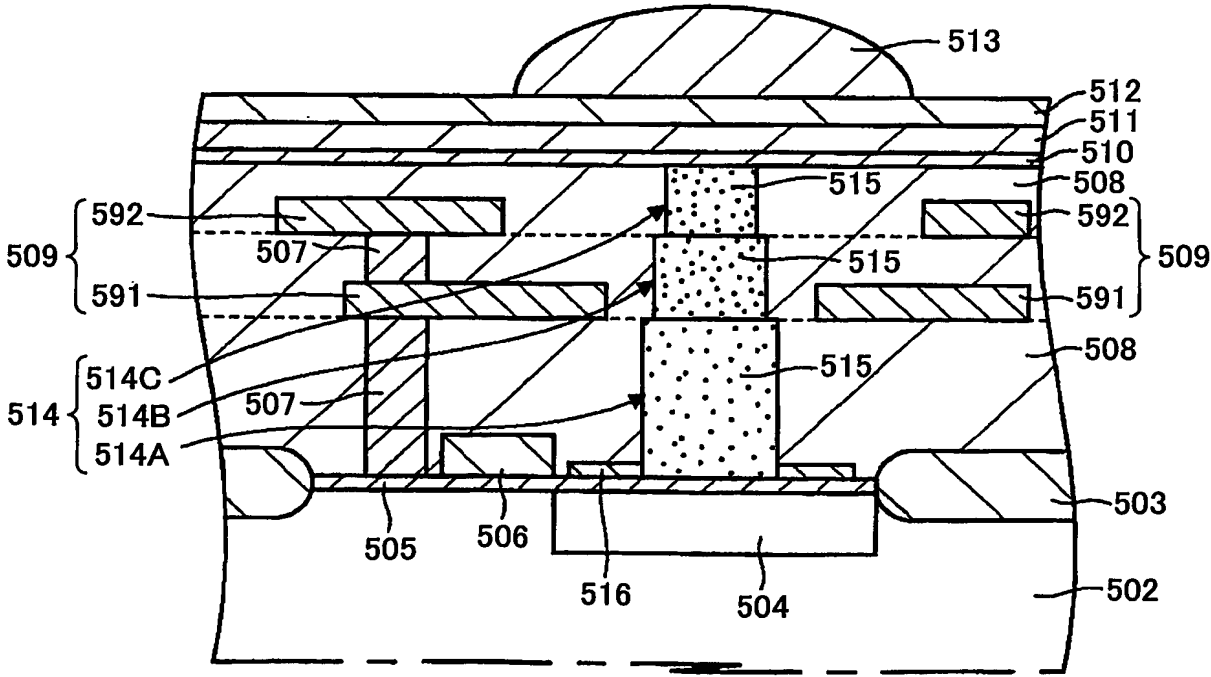


Fig.21



57/68

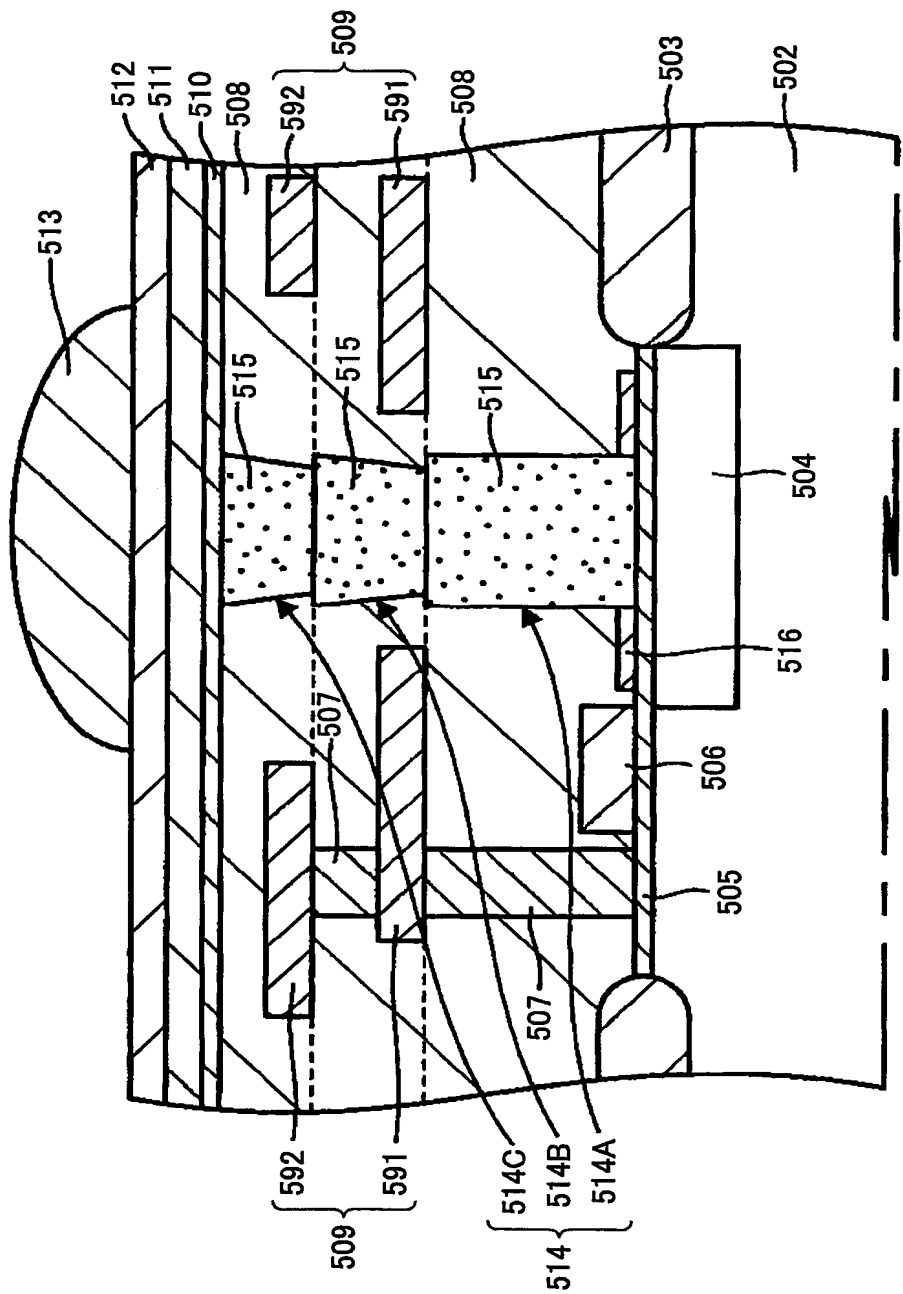
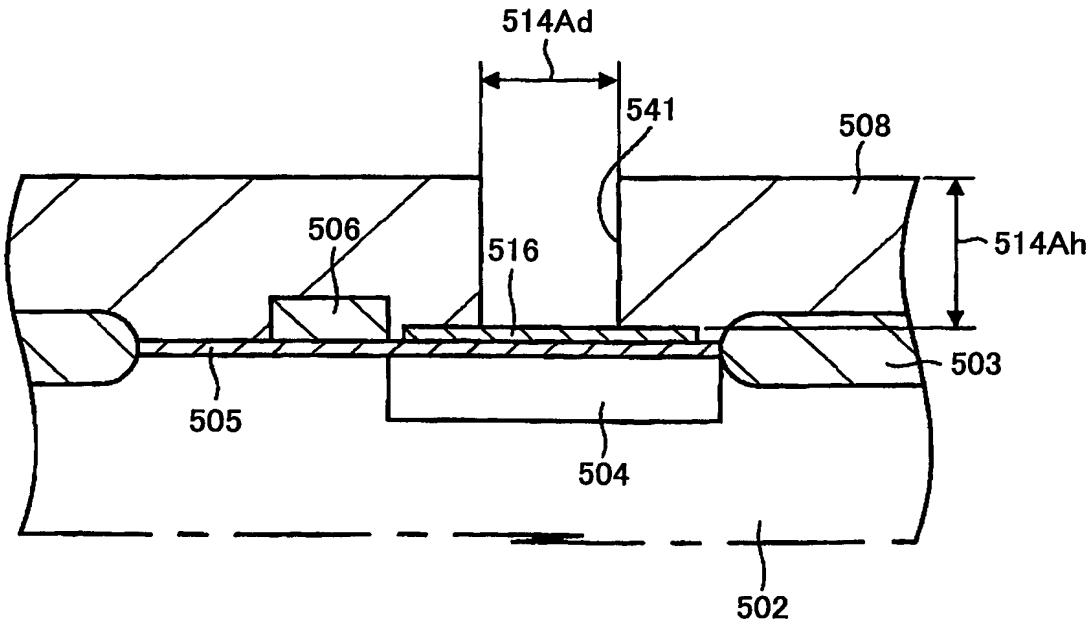
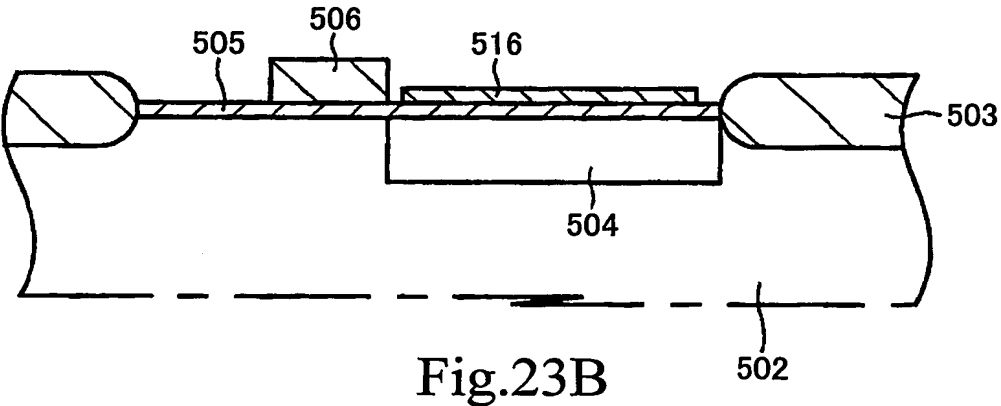
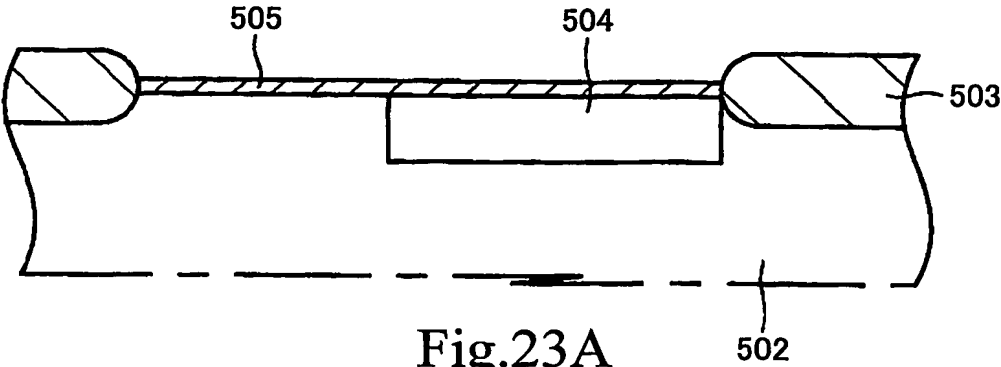


Fig.22

58/68



59/68

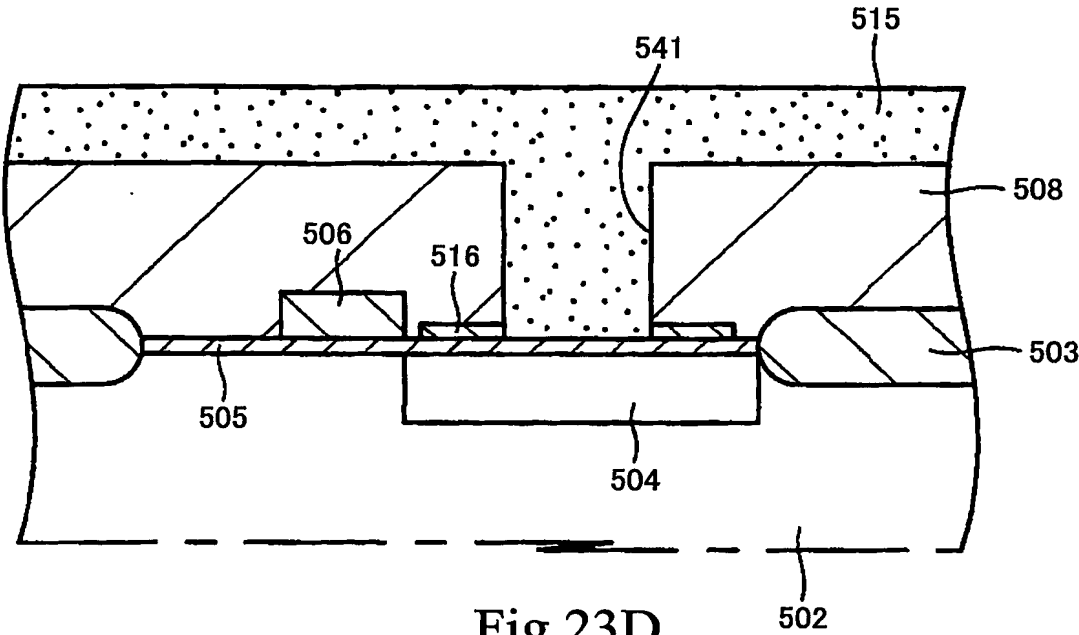


Fig.23D

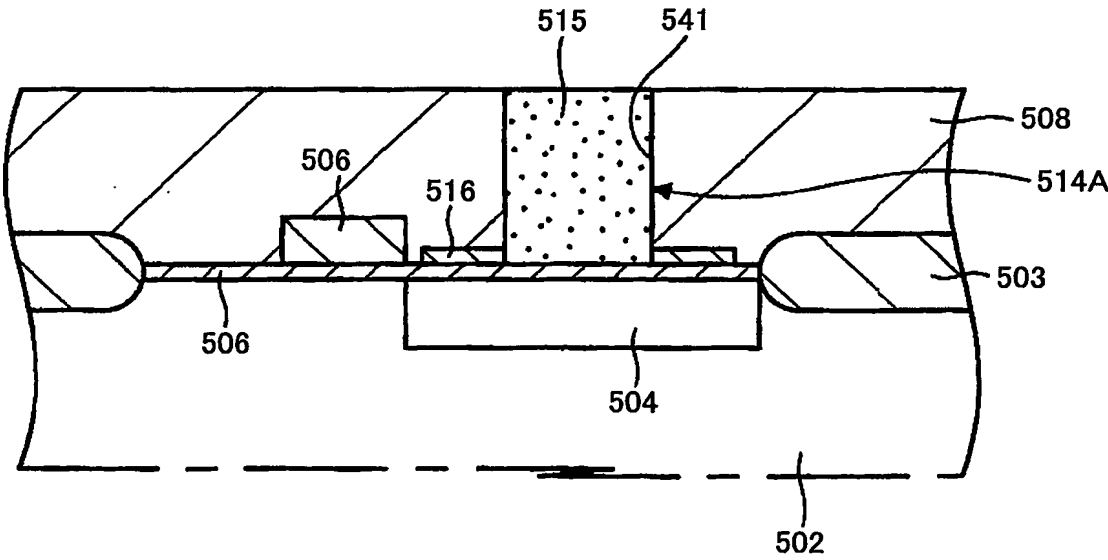


Fig.23E

60/68

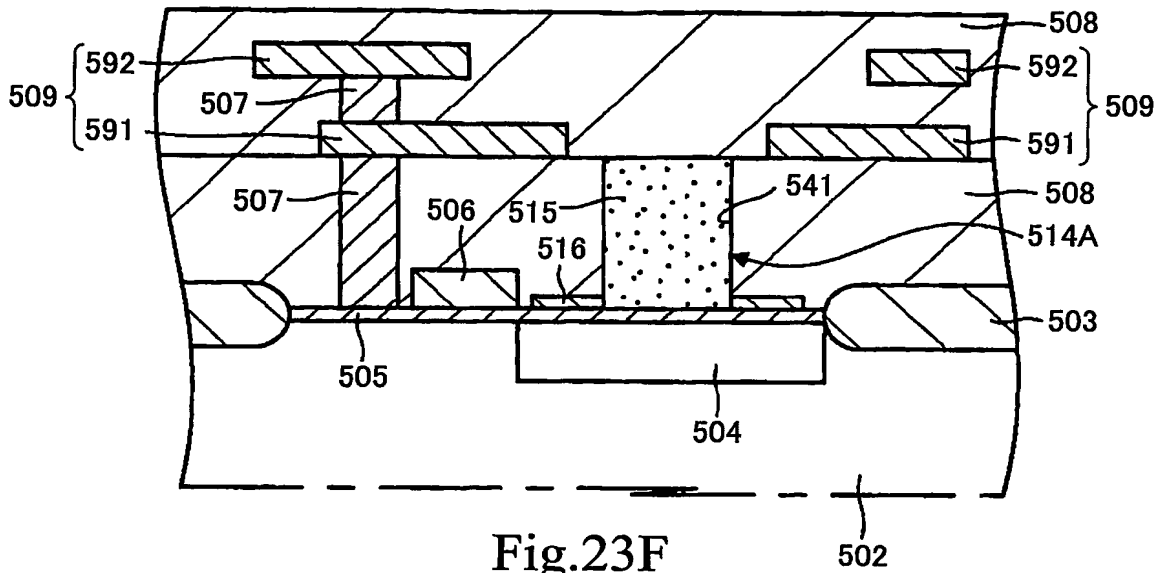


Fig.23F

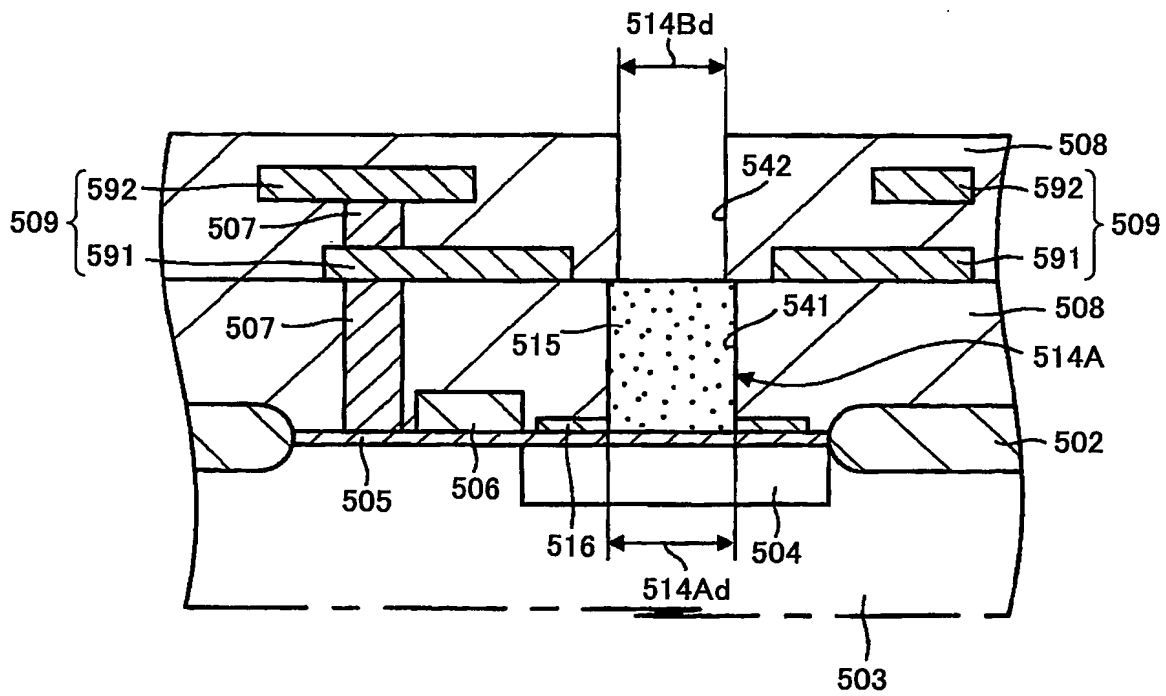


Fig.23G



62/68

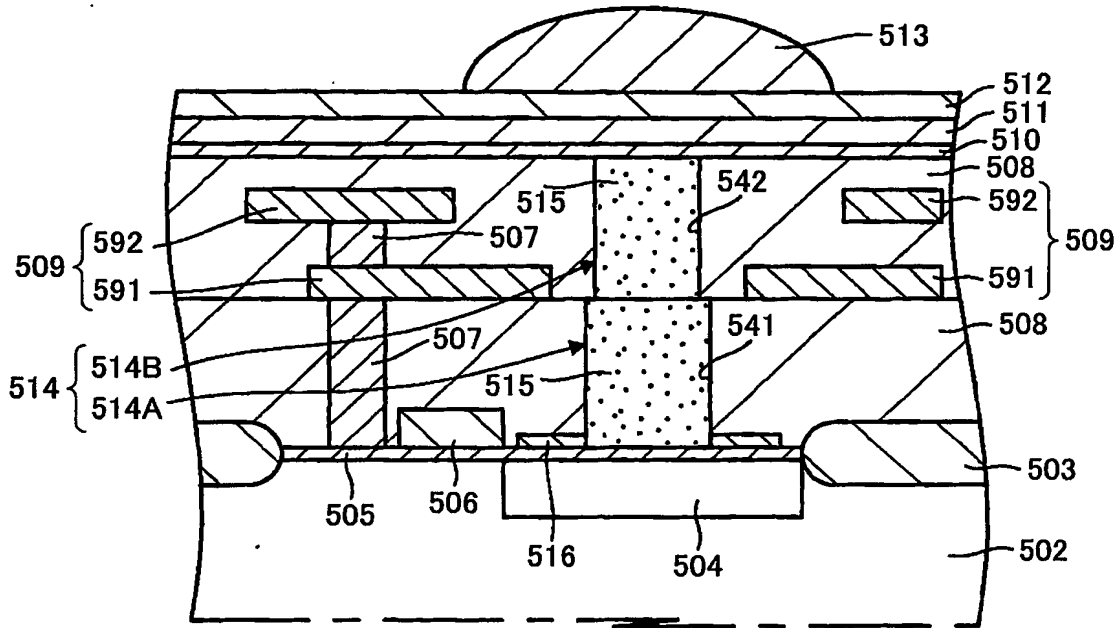


Fig.23J

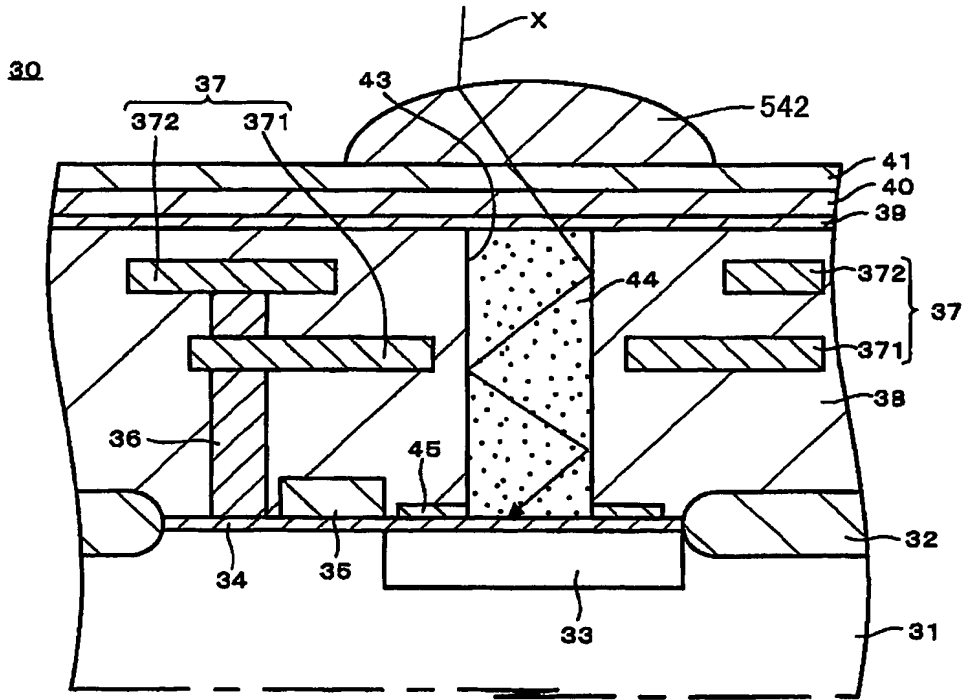


Fig.23K

63/68

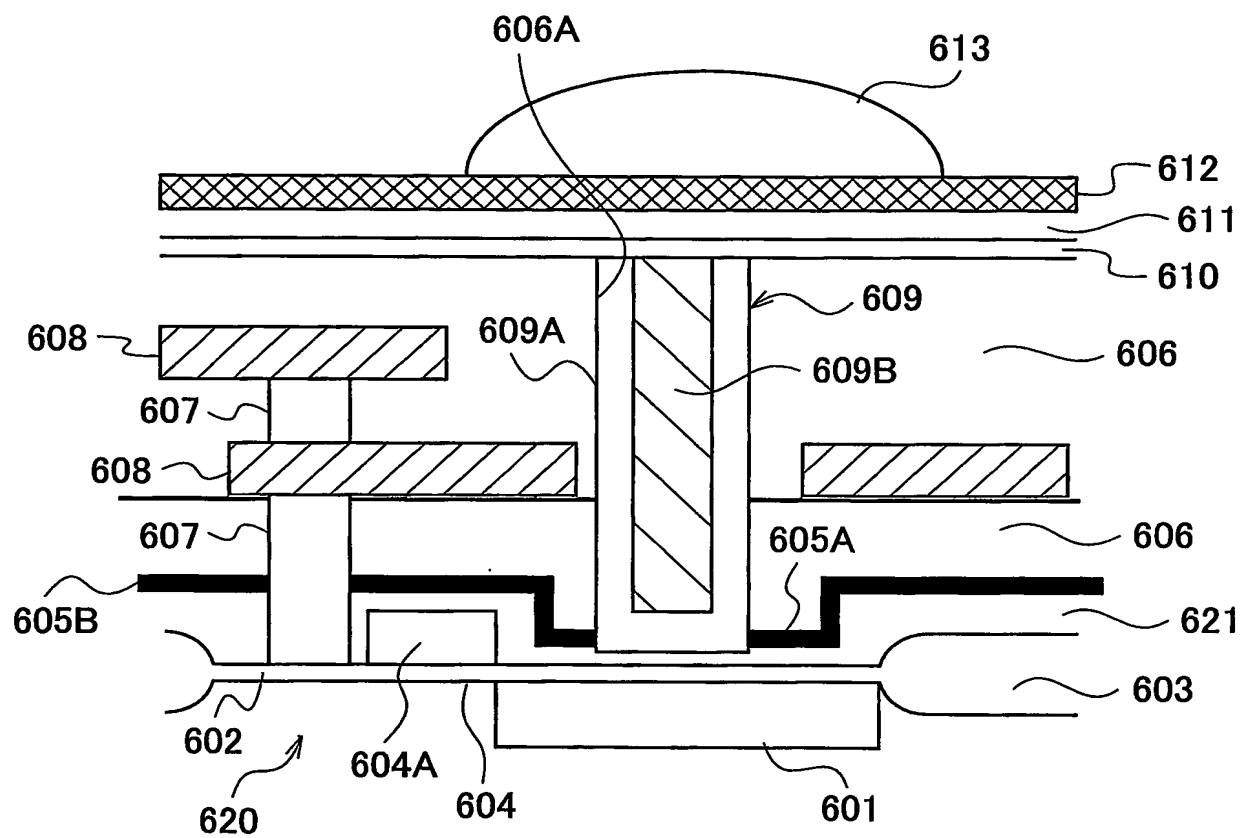


Fig.24

64/68

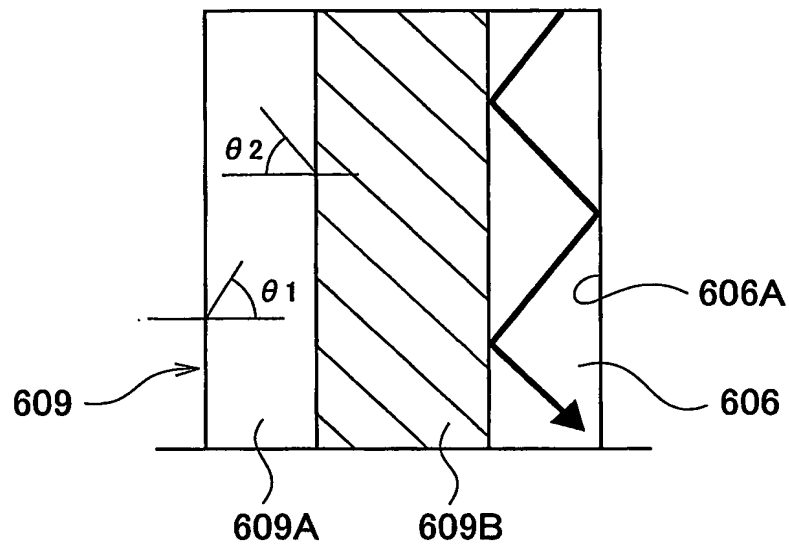


Fig.25A

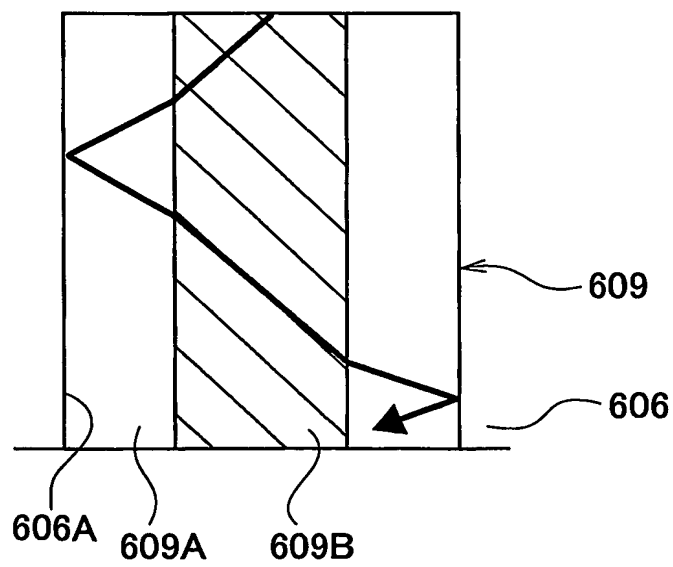


Fig.25B



65/68

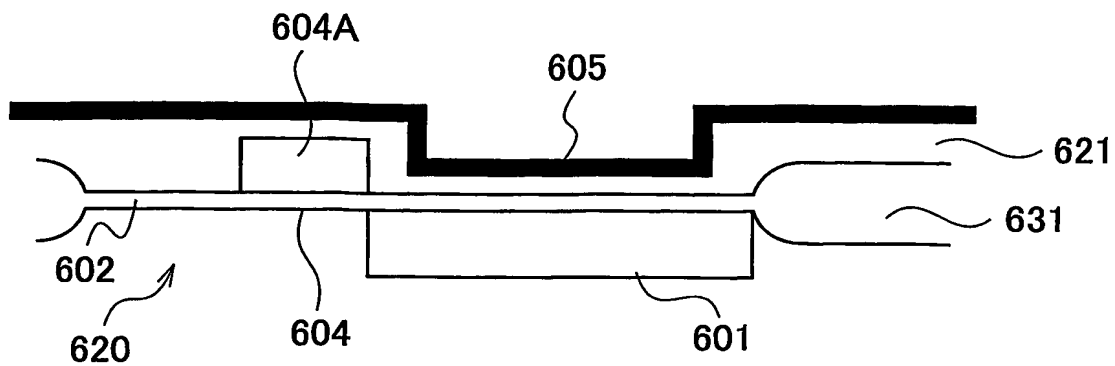


Fig.26A

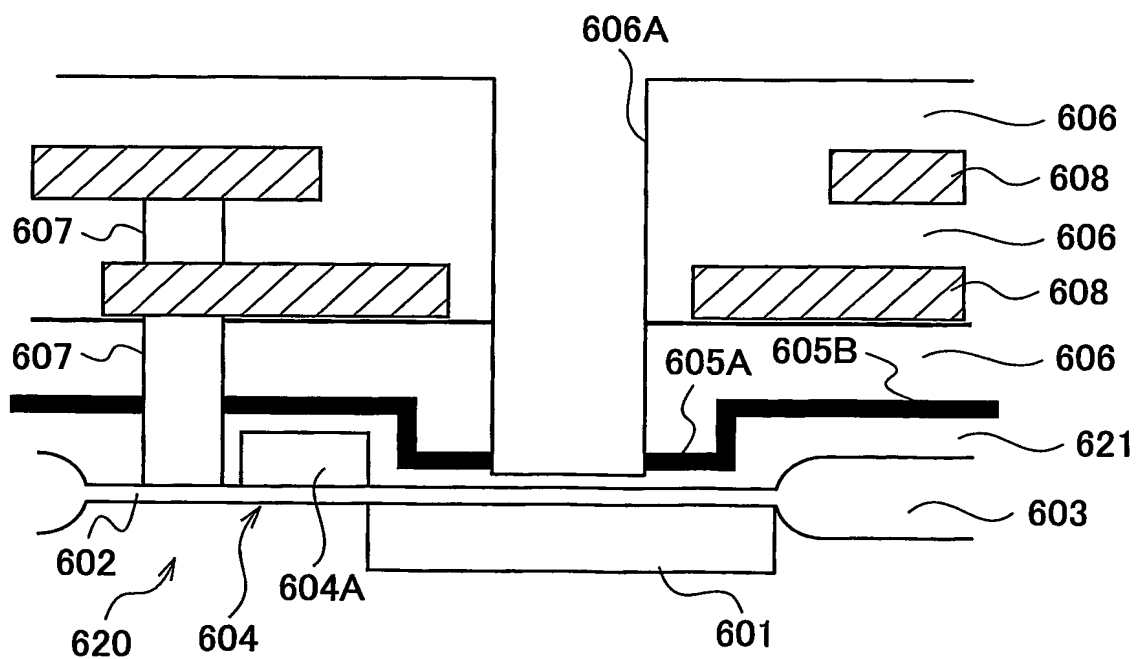


Fig.26B

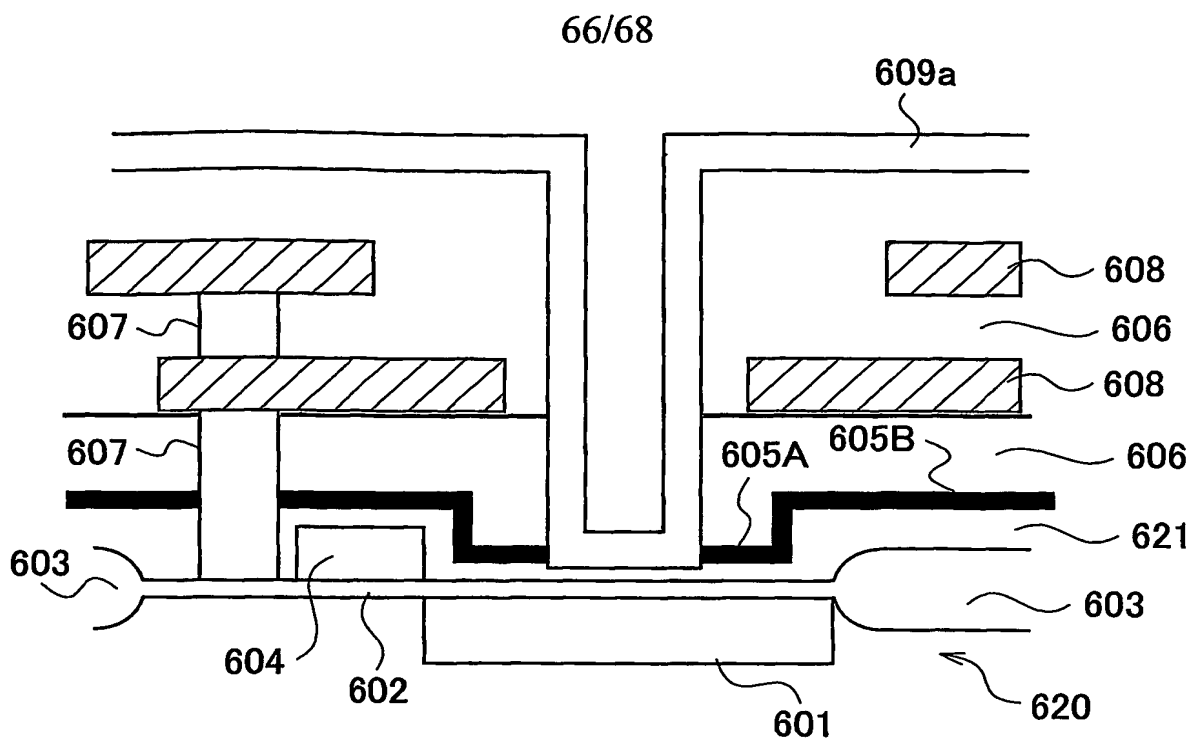


Fig.26C

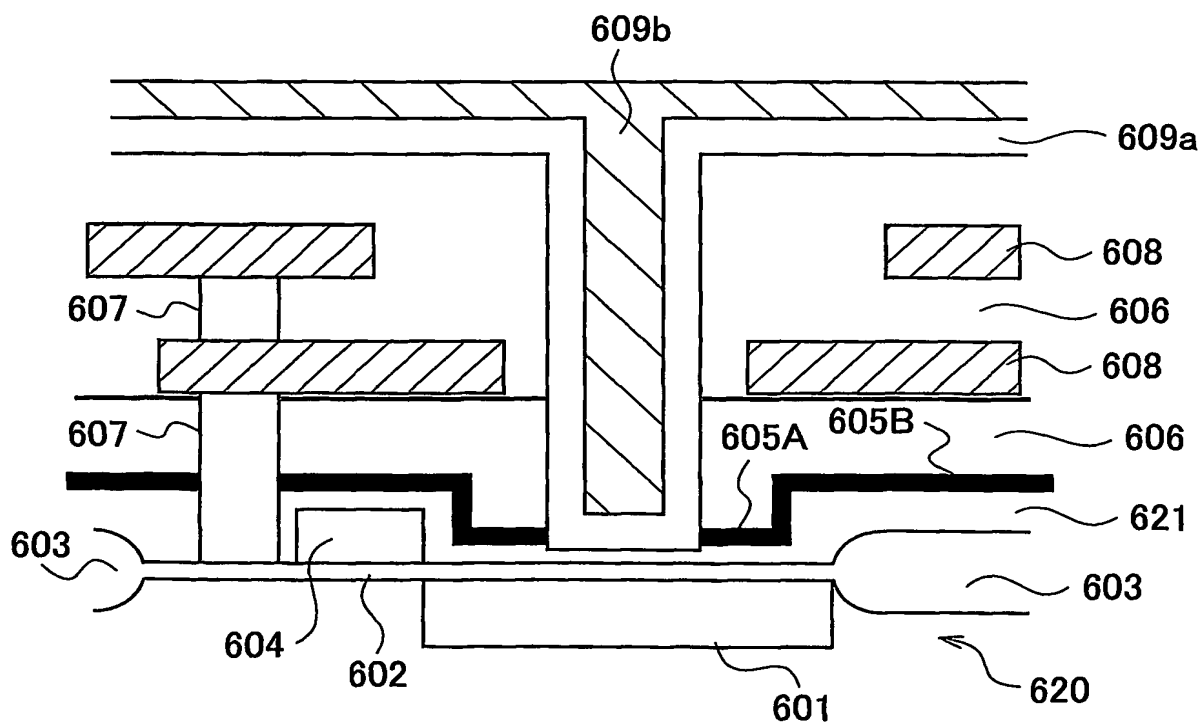


Fig.26D

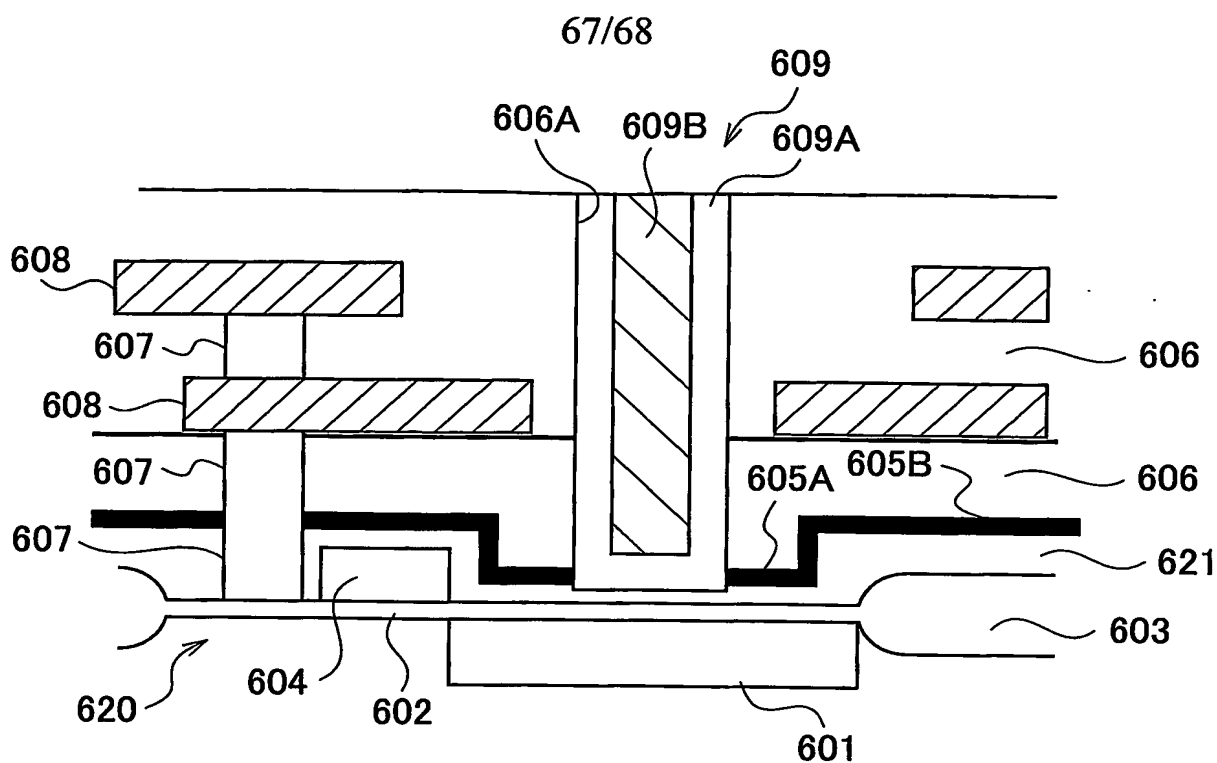


Fig.26E

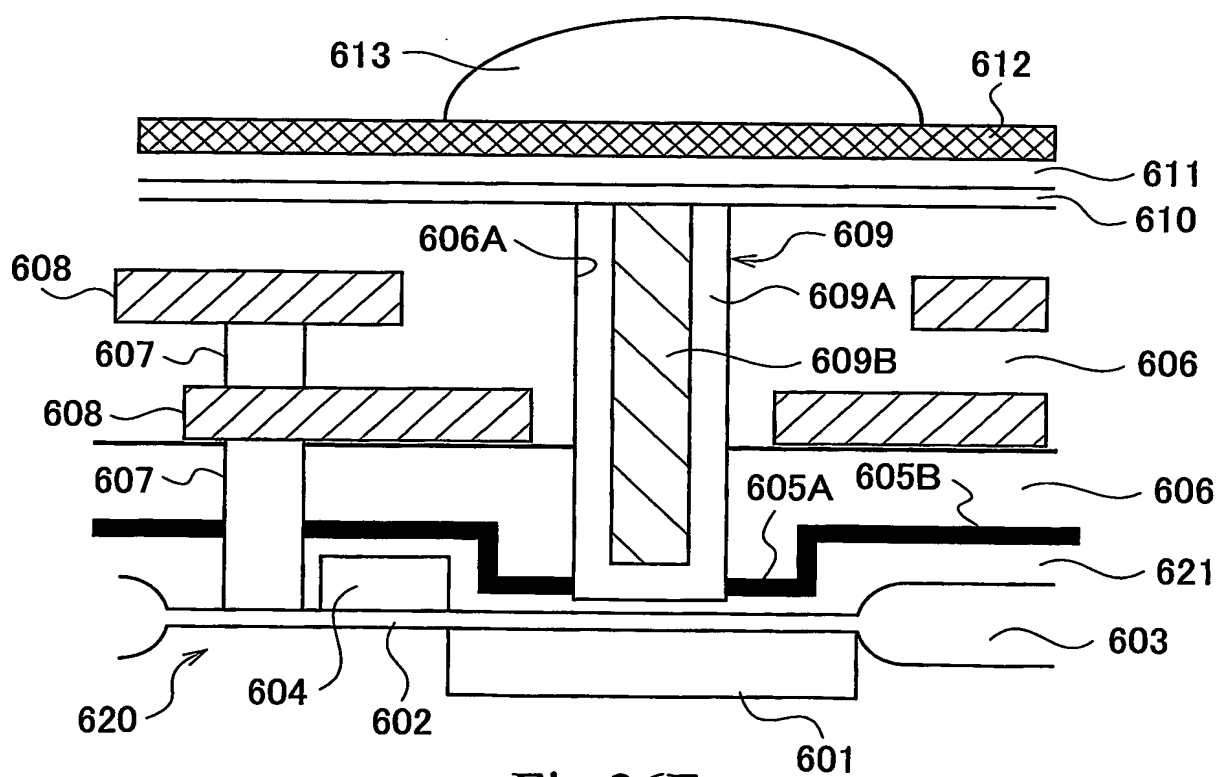


Fig.26F

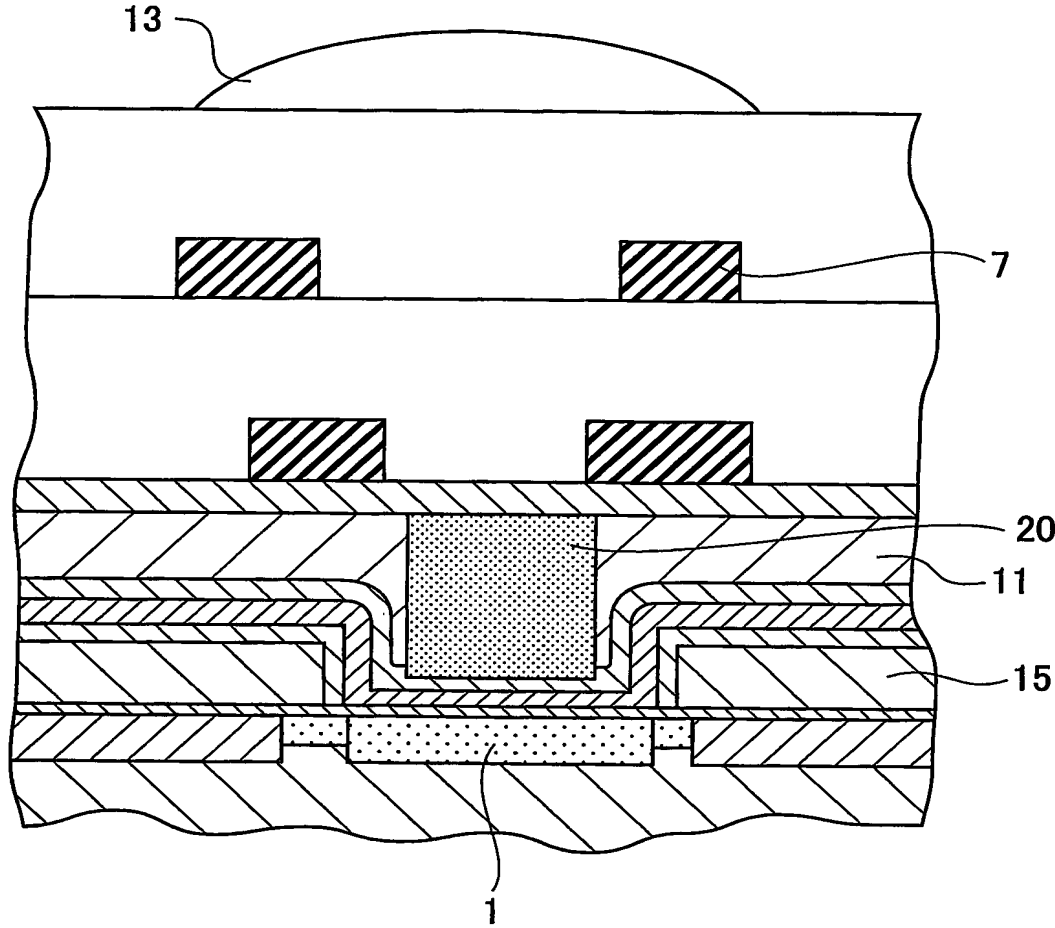


Fig.27

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/15939

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L27/146, H04N5/335

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L27/14-27/148, H04N5/335

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2002-246579 A (Seiko Epson Corp.), 30 August, 2002 (30.08.02), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1 2-7, 12, 13, 19-23, 27-34
X Y	JP 2001-267544 A (Sharp Corp.), 28 September, 2001 (28.09.01), Full text; Figs. 1 to 13 (Family: none)	1 2-7, 12-13, 19-23, 27-34
X Y	JP 2000-124438 A (Toshiba Corp.), 28 April, 2000 (28.04.00), Full text; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1 2-7, 12-13, 19-23, 27-34

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search  
17 March, 2004 (17.03.04)

Date of mailing of the international search report  
30 March, 2004 (30.03.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15939

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-118245 A (Sharp Corp.), 19 April, 2002 (19.04.02), Full text; Figs. 1 to 14 (Family: none)	1-4, 12, 13
Y	JP 6-112513 A (Ricoh Co., Ltd.), 22 April, 1994 (22.04.94), Full text; Figs. 1 to 15 (Family: none)	1-7, 12, 13
Y	JP 2000-150845 A (Sony Corp.), 30 May, 2000 (30.05.00), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1-7, 19-23, 27-34
Y	JP 9-120954 A (NEC Corp.), 06 May, 1997 (06.05.97), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	12, 13
Y	JP 9-266295 A (Sony Corp.), 07 October, 1997 (07.10.97), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	19-23, 27-34
Y	JP 11-87675 A (Sony Corp.), 30 March, 1999 (30.03.99), Full text; Figs. 1 to 3 & US 6569703 B1	19-23, 27-34
Y	JP 2001-77339 A (Sony Corp.), 23 March, 2001 (23.03.01), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L27/146, H04N5/335

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L27/14-27/148, H04N5/335

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2002-246579 A (セイコーエプソン株式会社) 2002.08.30, 全文, 第1-8図 (ファミリーなし)	1 2-7, 12, 13, 19-23, 27-34
X Y	JP 2001-267544 A (シャープ株式会社) 2001.09.28, 全文, 第1-13図 (ファミリーなし)	1 2-7, 12-13, 19-23, 27-34

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.03.2004

国際調査報告の発送日

30.3.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

齋藤 恭一

4L

8122

電話番号 03-3581-1101 内線 3468

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2000-124438 A (株式会社東芝)	1
Y	2000. 04. 28, 全文, 第1-9図 (ファミリーなし)	2-7, 12-13, 19-23, 27-34
Y	JP 2002-118245 A (シャープ株式会社) 2002. 04. 19, 全文, 第1-14図 (ファミリーなし)	1-4, 12, 13
Y	JP 6-112513 A (株式会社リコー) 1994. 04. 22, 全文, 第1-15図 (ファミリーなし)	1-7, 12, 13
Y	JP 2000-150845 A (ソニー株式会社) 2000. 05. 30, 全文, 第1-8図 (ファミリーなし)	1-7, 19-23, 27-34
Y	JP 9-120954 A (日本電気株式会社) 1997. 05. 06, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	12, 13
Y	JP 9-266295 A (ソニー株式会社) 1997. 10. 07, 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	19-23, 27-34
Y	JP 11-87675 A (ソニー株式会社) 1999. 03. 30, 全文, 第1-3図 & US 6569703 B1	19-23, 27-34
Y	JP 2001-77339 A (ソニー株式会社) 2001. 03. 23, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	1